

ISSN 2073-8730

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВІ ПРАЦІ

ВИПУСК 40

ТОМ 1



ОДЕСА

2011



**НАУКОВІ
ПРАЦІ ОНАХТ**
Випуск 40, том 1, 2011
Наукове видання
серія
Технічні науки

Засновник:
Одеська національна
академія харчових
технологій

Засновано в Одесі
у 1937 р.
Відновлено з 1994 р.

Наукові праці ОНАХТ входять до нового Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Бюлетень ВАК України, № 5, 2010)

Головний редактор *Єгоров Б.В.*, д-р техн. наук, професор
Заступник головного редактора *Капрельяниця Л.В.*, д-р техн. наук, професор
Відповідальний редактор *Станкевич Г.М.*, д-р техн. наук, професор

Редакційна колегія:

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, проф.
Безусов А.Т., д-р техн. наук, проф.
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, проф.
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, проф.
Гапонюк О.І., д-р техн. наук, проф.
Гладушняк О.К., д-р техн. наук, проф.
Дідух Н.А., д-р техн. наук, доц.
Іоргачова К.Г., д-р техн. наук, проф.
Моргун В.О., д-р техн. наук, проф.
Осипова Л.А., д-р техн. наук, доц.
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, проф.
Черно Н.К., д-р техн. наук, проф.
Харківський Д.Ф., д-р екон. наук, проф.
Хобін В.А., д-р техн. наук, проф.

**За достовірність інформації
відповідає автор публікації**

ББК 36.81 + 36.82

Реєстраційне свідоцтво
КВ № 12577-1461 ПР
від 16.05.2007 р. Видано
Міністерством юстиції України

Усі права захищені.
Передрук і переклади дозволяються
лише зі згоди автора та редакції

Рекомендовано до друку Ученою
радою Одеської національної
академії харчових технологій,
протокол № 1 від 6.09.2011 р.

Мова видання:
українська, російська, англійська

УДК 663 / 664

Одеська національна академія харчових технологій
Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій
Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2011. – Вип. 40. – Том. 1. – 274 с.

Адреса редакції:
вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

© Одеська національна академія харчових
технологій, 2011 р.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ І ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА, ВИГОТОВЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВИРОБІВ ТА КОМБІКОРМІВ

ПРОБІОТИКИ ВІВСА НА ОСНОВІ β -ГЛЮКАНА Кудашев С.М., Лукіна Г.Д., Пушкарь Т.Д.	4
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕТАПУ КРУПОУТВОРЕННЯ М'ЯКОЇ М'ЯКОЗЕРНОЇ ПШЕНИЦІ СОРТУ «ОКСАНА» Жигунов Д.О., Колесніченко І.Н.	7
ПІДГОТОВКА ЗЕРНА ГРЕЧКИ ДО ПЕРЕРОБКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НВЧ ОБРОБКИ Моргун В.О., Соц С.М., Донець А.О.	11
ВПЛИВ РЕЖИМІВ СИСТЕМ ДРАНОГО ПРОЦЕСУ НА ПИТОМІ ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ НА ПОДРІБНЕННЯ Шутенко Є.І.	16
ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО МУКИ ТРИТИКАЛЕ Чумаченко Ю.Д., Батт А.В.	18
ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ШЛЯХОМ ПОПЕРЕДНЬОГО ЛУЩЕННЯ ПРИ ЙОГО ПЕРЕРОБЦІ Жигунов Д.О., Петросьянц А.П., Ковальов М.О.	20
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ Моргун В.А., Волошенко О.С., Москвина Н.З.	24
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ВЫХОД КРУПОДУНСТОВЫХ ПРОДУКТОВ И МУКИ В ДРАНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЕ ЭТАПА КРУПООБРАЗОВАНИЯ Моргун В.А., Жигунов Д.А., Давыдов Р.С.	28
ГЕНЕТИЧЕСКИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ ПРИЗНАКОВ ПЛЕНЧАТОСТИ И СТРУКТУРЫ ЭНДОСПЕРМА ЯЧМЕНЯ НА СОДЕРЖАНИЕ В-ГЛЮКАНОВ Топораш И.Г., Аксельруд Д.В., Киселев Ю.В.	32
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЯКОСТІ НАСІННЯ МАКУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ Овсянникова Л.К., Євдокимова Г.Й., Соколовська О.Г.	35
ВПЛИВ РЕЖИМУ СУШІННЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА НАСІННЕВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ Снежкін Ю.Ф., Пазюк В.М., Петрова Ж.О.	39
ВПЛИВ ПІДСОРТУВАННЯ ПРОРОСЛОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ЯКІСТЬ СУМІШІ Яковенко А.І., Борга А.В.	43
ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛКОВОГО СКЛАДУ ЗЕРНОВИХ ЕКСТРАКТІВ З ТРИТИКАЛЕ Прибильський В.Л., Бойко М.І.	47
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОЗОНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ НА ПРОЦЕС ПРОРОЩЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ Сафонова О.М., Холодова О.А., Бородіна А.В., Єпіхіна Т.А.	50
ПОРИСТИСТЬ ШВИДКОВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ КАШІ, ОТРИМАНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СУШІННЯ ЗМІШАНИМ ТЕПЛОПІДВОДОМ Погожих М.І., Пак А.О., Жеребкін М.В., Сафонова О.М., Холодова О.А., Бородіна А.В., Єпіхіна Т.А.	54
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРИРОВАНИЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ Батт А.В., Чумаченко Ю.Д.	57
ЕНЕРГООЩАДНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ ВОЛОГОЇ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ Гапонюк І.І.	62

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ «ЛЕГКИХ» ГРЕЧАНИХ ЗЕРЕН Шаповаленко О.І., Григірчак Н.М., Фурманова Ю.П., Корж Т.В., Гриценюк К.С., Прощенко О.В.	64
АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ВОЛОГИХ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН Сгоров Б.В., Бордун Т. В.	68
ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ НА САНІТАРНУ ЯКІСТЬ ЕКСТРУДОВАНОЇ КОРМОВОЇ СУМІШІ З РИБНОЮ СИРОВИНОЮ Сгоров Б.В., Фігурська Л.В., Труфкаті Л.В.	72
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ СВИНЕЙ Сгоров Б.В., Воецька О.Є., Лапінська А.П.	76
НАСІННЯ ЛЬОНУ ЯК КОМПОНЕНТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ Шаповаленко О.І., Янюк Т.І., Козюля І.В.	80
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕКСУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ Іванова В.Д., Івчук Н.П., Хлебутіна М.С.	82
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ МИКРОВОЛНОВО-КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ДВИЖУЩЕМСЯ СЛОЕ Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В., Дементьева Т.Ю.	86
ДИНАМІКА І ПЕРІОДИ НАДХОДЖЕННЯ ЗЕРНА АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ НА ПІДПРИЄМСТВА ПІВДЕННИХ ТА ЦЕНТРАЛЬНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ Станкевич Г.Н., Страхова Т.В., Будюк Л.Ф.	92
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ Грюнвальд Н.В.	95
ПРОЕКТ «ЗЕРНО УКРАЇНИ» – СКЛАДОВІ ЗБІЛЬШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА (ВИРОЩУВАННЯ, ОБРОБКА, ЗБЕРІГАННЯ) Кирпа М.Я.	99

РОЗДІЛ 2

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ Иоргачева Е.Г., Макарова О.В., Котузаки Е.Н., Быстрика И.В.	104
БЕЗГЛЮТЕНОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ Гулавский В.Т.	107
МУЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ВИДОВ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ Макарова О.В., Иоргачева Е.Г., Иванова А.С., Черниенко А.В.	109
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХМЕЛЕВЫХ ЭКСТРАКТОВ НА СИЛУ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ Лебеденко Т.Е., Щелакова Р.П., Соколова Н.Ю., Мисержи М.Д.	114
НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЯКІСТЬ БЕЗДРІЖДЖОВИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ Пересічний М.І., Пересічна С.М., Пахомська О.В.	120
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БІЛКІВ З КОЛАГЕНОВМІСНОЇ СИРОВИНИ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ Сафонова О.М., Теймурова А.Т., Домахіна М.О.	123
ВИКОРИСТАННЯ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З БОРОШНА ПШЕНИЧНОГО ОЗОНОВАНОГО Сафонова О.М., Холодова О.А.	127
ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК ДЛЯ ПОЛПШЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БОРОШНЯНОГО ТІСТА ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ Сафонова О.М., Гавриш Т.В., Камбулова Ю.В.	131

ВПЛИВ ПРОГРІВАННЯ ЖИТНЬОГО БОРОШНА НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА Махинько В.М., Козир О.М.	136
ЗАКВАСКИ СПОНТАННОГО БРОДІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬОГО ХЛІБА Пшенишнюк Г.Ф., Павловський С.М., Ковпак Ю.С.	141
ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ БІЛКІВ БОРОШНА З ЗЕРНА, ПІДДАНОГО НА СТАДІЇ ВОДНО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ДІЇ АКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ В УМОВАХ ЗНИЖЕНОГО ТИСКУ Сафонова О.М., Разборська О.О.	145
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАТИВ ТВАРИННИХ БІЛКІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРУПІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ Сафонова О.М., Дугіна К.В.	148
ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ДЛЯ РАСТВОРИМОГО ПЕЧЕНЬЯ Кондратова И.И., Гершончик К.Н.	152
ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА ДЛЯ МАФФІНІВ Дорохович А.М., Ковалевська Є.І., Лазоренко Н.П.	156
ЗБАГАЧЕННЯ МАФІНІВ ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ Самохвалова О.В., Касабова К.Р.	161
ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОКОЛОЇДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ Самойленко І.П., Корецька І.Л., Ковалевська Є.І.	164
ВПЛИВ АГЛЮТЕНОВОГО БОРОШНА НА КІНЕТИКУ ВИПІКАННЯ КЕКСІВ Дорохович В.В., Ковбаса В.М.	167
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДА С СИНБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ Коркач А.В., Егорова А.В., Кеслер М.	170
ОСОБЛИВОСТІ СПОСОБІВ ВИДІЛЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ ВОСКІВ, ОДЕРЖАНИХ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ Руднева Л.Л., Лакіза О.В., Демідов І.М.	176
МАКАРОННІ ВИРОБИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ КАРОТИНОЇДІВ Верешко Н.В., Набоков Д.О.	179

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗЕРНОПЕРЕОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ПРИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПІДВЕДЕННІ ЕНЕРГІЇ Бурдо О.Г., Яровий І.І., Бандура В.М.	184
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ШЛАМУ КАВИ ПІД ДІЄЮ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Саламаха В.І., Малашевич С.А.	190
СТРАТЕГІЯ РОЗРОБКИ АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОФОРМЛЕННЯ ЛІНІЙ РОЗПІЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ З МЕТОЮ ЗДІЙСНЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ Дубовкіна І.О.	193
ГІДРОДИНАМІКА СТАЦІОНАРНОГО ШАРУ ПОДРІБНЕНОЇ “ЕНЕРГЕТИЧНОЇ” ВЕРБИ ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ Мосяк М.І., Атаманюк В.М., Кіндзера Д.П.	197
ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ Петров В.Н., Гросул Л.И.	203
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВОРОХУ Гросул Л.Г., Гапонюк О.І., Петров В.Н., Яцкова Т.Й.	209

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ СИСТЕМ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ Гапонюк О.И., Гоф О.Н.....	212
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ Гапонюк О.И., Джулинский Д.П.	216
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРОБАРКИ ЗЕРНА ПРЯМОГО УДАРУ З ВЕРТИКАЛЬНИМ РОТОРОМ Ялпачик О.В., Гвоздєв О.В, Самойчук К.О.	218
КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЛИНИЙ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ЗЕРНА Хобин В.А., Шестопапов С.В.	223
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЗАГРУЗКОЙ ОБОРУДОВАНИЯ Хобин В.А., Кирьязов И.Н.	228
ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ Егоров В.Б.	234
К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ НА СИТАХ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ Амбарцумянц Р.В., Амбарцумянц Р.Р.	244
КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА РІПАКА З ОТРИМАННЯМ ОЛІЇ ТА БІОДИЗЕЛЮ Бандура В.М., Коляновська Л.М.	248

РОЗДІЛ 4
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ
ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ХЛЕБОЗАВОДАХ Шевченко З.И., Чабаров В.А.	254
ЕКОНОМІЧНИЙ ЗМІСТ ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ВІТЧИЗНЯНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ Мороз О.В., Карачина Н.П., Сташко І.В.....	258
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗЕРНОФУРАЖНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ Материнська О.А.	261
ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Рябова Т.Ф.	265

Наукове видання

НАУКОВІ ПРАЦІ

В И П У С К 40 ТОМ 2

Головний редактор, д-р техн. наук Б.В.Єгоров
Заст. головного редактора, д-р техн. наук Л.В.Капрельянц
Відповідальний редактор, д-р техн. наук Г.М. Станкевич
Технічний редактор Т.Л.Дьяченко

Збірник засновано в Одесі у 1937 р. Відновлено з 1994 р.
Реєстраційне свідоцтво КВ № 12577-1461 ПР
від 16.05.2007 р. Видано Міністерством юстиції України

Підписано до друку 12.09.2011 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 13,7. Тираж 100 прим. Замовлення 327.
Віддруковано ФОП Попова Н.М., м. Одеса, вул. Варненська, 1/1

РОЗДІЛ 1
**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ
І ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА,
ВИГОТОВЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВИРОБІВ
ТА КОМБІКОРМІВ**

ПРОБІОТИКИ ВІВСА НА ОСНОВІ β -ГЛЮКАНА

¹Кудашев С.М., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, ¹Лукіна Г.Д., канд. хім. наук, ст. наук. співробітник, ²Пушкар Т.Д., асистент

¹Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

²Одеський державний аграрний університет, м. Одеса

У роботі розглянуто отримання β -глюкану із голозерного вівса методом лужної екстракції при низькій температурі. Розглянуто біохімічний склад продуктів переробки голозерного вівса.

In-process the considered receipt of β -glukan from a hullless oat by the method of alkaline extraction at a subzero temperature. Biochemical composition of foods of processing of hullless oat is considered.

Ключові слова: овес голозерний, β -глюкан, методи отримання, біохімічний склад.

Голозерний овес як один із джерел β -глюкана привертає увагу можливістю отримання різних пробіотиків. Але як більшість зернових культур він характеризується високим вмістом крохмалю, що заважає отриманню пробіотиків.

За даними авторів [1] показано можливість отримання багатих β -глюканом фракцій у результаті повітряної класифікації знежиреної плющеної крупи вівса з виділенням грубої фракції висівок із 11,2 % β -глюкана та тонкої фракції з 1,2 % β -глюкана. При використанні розсіювання було отримано велику кількість вівсяних висівок багатих β -глюканом. Збагачені, таким чином, висівки використовували для виділення β -глюкана в умовах низькотемпературної екстракції.

Запропоновані нами раніше методи видалення крохмалю з вівса (слабкий кислотний гідроліз і ферментативна обробка) мали ряд недоліків: крохмаль в умовах м'якої обробки гідролізувався не повністю; спостерігався частковий гідроліз β -глюкана при високій температурі та кислотній обробці, а залишок після обробки містив білок, крохмаль, геміцелюлози.

У зв'язку з цим нами запропоновано і апробовано другий спосіб виділення β -глюкана та продуктів на його основі з вівса голозерного. Ідея полягає в тому, що у м'яких умовах слаболужної екстракції β -глюкана при низькій температурі (не вище 40 °С), при цьому крохмаль не екстрагується та не гідролізується, а залишається у твердому залишку.

Об'єктом дослідження була мука знежиреного вівса голозерного. Приклад отримання β -глюкана з вівса голозерного методом екстракції у слаболужному середовищі; 100г муки вівса голозерного (\emptyset 0,5 мм) дезактивували ізопропаном на водяній бані при температурі (80 \pm 0,5) °С впродовж 4 годин. Дезактивовану таким чином муку вівса перемішували з водою (M=20) при температурі (33 – 35) °С, рН середовища доводили до 10, додаючи по краплі 20 % розчин гідрокарбонату натрію.

Суміш витримували 30 хвилин і так проводили трьохкратну екстракцію.

Рідкий екстракт відокремлювали від осаду центрифугуванням із швидкістю 5000 об/хв. Супернатанти об'єднували, охолоджували до (18 – 20) °С і доводили рН до 4,5 20 % розчином соляної кислоти. Осад, який випав при окислюванні, відділяли від супернатанту центрифугуванням, промивали спиртом і висушували (препарат 1). Супернатант, після відділення препарату 1, упарювали вдвоє у вакуум - випарній установці, додаючи однаковий об'єм 96° етилового спирту. Осад гумі відділяли від надосадового розчину, промивали спиртом, сушили. Отримали препарат 2.

Твердий залишок після лужної екстракції також висушили (препарат 3).

В отриманих продуктах визначали масову долю сирого протеїну, полісахаридів, що легко гідролізуються, крохмалю, β -глюкана. [2].

Дані хімічного аналізу отриманих препаратів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика хімічного складу продуктів екстракції вівса голозерного (масова доля г на 100г)

Продукти екстракції вівса	Волога	Зола	Сирий протеїн N \times 6,25	Геміцелюлоза	Вихід
1	20,37	1,58	81,42	11,11	10,85
2	11,33	2,87	24,21	72,22	8,9
3	10,25	2,59	4,50	87,61	70,5

Таким чином, препарат 1 представлений в основному (більше 80 % с. в.) білковими речовинами, з невеликими домішками геміцелюлоз, оскільки на хроматограмах після гідролізу на ЛГП виявлені глюкоза, арабіноза, уронові кислоти та два повільно йдущих олігомери.

У препараті 2 основна маса сухих речовин припадає на полісахариди, що легко гідролізуються, з яких біля 75,8% складає β -глюкан. Визначена його величина кута обертання поляризованого променя $[\alpha]_D^{20}$ рівна $-58,59^\circ$. Мінусовий кут обертання підтверджує наявність у препараті β -зв'язки. Після повного кислотного гідролізу 2 % соляною кислотою впродовж 4 годин при $(100^\circ \pm 0,5)^\circ\text{C}$ на хроматограмах виявлені глюкоза та олігомери з Rf 0,4 у масовому відношенні 2,50:1. Отриманий препарат 2 розчиняється у гарячій воді й дає в'язкий розчин. Кінематична в'язкість препарату 2 з концентрацією 0,2 г на 100 см³ диметилсульфоксиду склала $7,9 \pm 0,5$ сантистоксів.

Обидва препарати 1 і 2 відрізняються високим вмістом сирого протеїну (81,42 і 24,12 % відповідно). Як відомо, сирий протеїн вівса гол озерного, на відміну від інших злакових культур, складається в основному із соле- та лужнорозчинних фракцій, тобто альбуміни, глобуліни та глютаміни складають у ньому (70-72) % всього протеїну.

Для протеїну вівса характерна висока концентрація незамінних амінокислот, особливо лізину та триптофану [3].

Дані за характеристикою амінокислотного складу препаратів 1, 2 отримані на аналізаторі ААА – 881 після повного кислотного гідролізу 20% соляною кислотою впродовж 24 годин при температурі $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Амінокислотний склад препаратів і розраховані амінокислотні скорі представлені у таблицях 2, 3

Таблиця 2 – Амінокислотний склад білкових речовин вівса голозерного (в г на 100 білка)

Найменування амінокислоти	Білок	Білок β -глюкановий комплекс
Лізин	5,73	4,69
Гістидин	4,26	3,30
Аргінін	9,75	6,48
Аспарагінова кислота	6,86	9,50
Треонін	2,91	5,08
Серин	3,38	7,49
Глютамінова кислота	24,43	22,18
Пролин	4,21	3,46
Гліцин	4,09	4,03
Аланін	4,29	3,69
Цистин*	-	-
Валін	5,21	5,26
Метіонін	1,75	1,46
Ізолейцин	3,60	3,41
Лейцин	4,96	4,86
Фенілаланін	5,50	5,47
Триптофан**	0,95	0,88
Тирозин	4,06	4,64

*цистин при кислотному гідролізі руйнується

**триптофан визначали після лужного гідролізу за кольоровою реакцією з ДАБА [3] (диметиламінобензоальдегід)

Амінокислотний склад і визначувана біологічна цінність білковмісних продуктів вівса голозерного свідчить про їхню високу якість. Білкові компоненти вівса багаті такими незамінними амінокислотами, як лізин, треонін, валін, фенілаланін з тирозином. За вмістом триптофану білки вівса близькі до стандарту ФАО/ВОЗ.

Залишок після виділення білка та β -глюкана (препарат 3) відзначається високим вмістом полісахаридів, що легко гідролізуються (87,61 г у 100 г продукту, з них 58,95 г складає крохмаль).

Таким чином, м'які умови виділення білка та β -глюкана (низька температура екстракції, слабе лужне середовище) дозволяє отримати досить чисті препарати, а крохмаль практично увесь залишається у залишку, не чіпається при екстракції, що є дуже позитивним показником.

Таблиця 3 – Біологічна цінність білковмісних препаратів вівса голозерного

Найменування амінокислоти	ФАО/ВОЗ, мг у 1г білка	Білок		Білок β-глюкановий комплекс	
		мг у 1г білка	Скори, %	мг у 1г білка	Скори, %
Лізін	55,00	57,30	104,18	46,9	85,27
Треонін	40,00	42,60	106,50	33,0	82,50
Валін	50,00	52,10	104,20	52,60	105,20
Ізолейцин	40,00	36,00	90,00	34,10	85,26
Лейцин	70,00	49,60	70,86	48,60	69,43
Фенілаланін + тирозин	60,00	91,2	152,00	95,00	158,00
Триптофан	10,00	9,51	95,10	8,78	87,80
Метіонін + цистин	30,00	17,50	51,70	14,60	48,70

У подальших наших дослідженнях ми намагались спростити схему отримання пробіотику з вівса. З цією метою нами апробовано метод отримання β-глюканового комплексу, виключаючи стадію виділення білка та пряму отримання білок – β-глюканового комплексу.

Приклад отримання білок – β-глюканового комплексу методом екстракції у слабо лужному середовищі: 100г дезактивованої муки вівса голозерного перемішували з водою при температурі (30-35) °С, рН середовища доводили до 10, додаючи по краплі 2 % розчин гідрокарбонату натрію, суміш витримували у ємкості з періодичним перемішуванням упродовж 30 хвилин. Достатньо низька температура екстракції дозволила практично не чіпати крохмаль. Як у попередньому варіанті проводили трьохкратну екстракцію, екстракт відділяли від осаду центрифугуванням 5000 об/хв. Супернатанти об'єднували, охолоджували до (18-20) °С і доводили рН середовища до 4,5, додаючи по краплі 20% розчин соляної кислоти. Потім, не відділяючи білок, що частково випадає при підкисненні, осаджували білок – β-глюкановий комплекс етиловим спиртом у відношенні екстракт : спирт рівним 1 : 3.

Білок – β-глюкановий комплекс, що випав у осад, декілька разів промивали етиловим спиртом, центрифугували та сушили у ексикаторі над розпеченим СаО. Надосадкову рідину, отриману після осадження білок – β-глюканового комплексу, направляли на регенерацію спирту, а твердий залишок вихідної навіски також висушували.

Дані за характеристикою отриманих продуктів представлені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Характеристика продуктів переробки вівса голозерного (г на 100г сухих речовин)

Продукти	Вихід	Сирий протеїн N×6,25	Полісахариди, що легко гідролізуються	Зола
білок – β-глюкановий комплекс	10,5	20,61	75,00	1,70
Твердий залишок	72	4,50	87,61	2,60

Отже, за даною схемою можна отримати білок – β-глюкановий комплекс із високим вмістом β-глюкана, збагаченого цінними за незамінними амінокислотами білком. Крохмаль за цією схемою увесь залишається у твердому залишку.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки:

овес голозерний є перспективною сировиною для отримання β-глюкана;

показана можливість отримання білок – β-глюканового комплексу, поєднуючи властивості пробіотику та продукту, збагаченого високоякісним збалансованим за незамінними амінокислотами білком.

Література

- Peter J. Wood, John Weisz, Paul Fedec and Vernon D, Burrows. Torge-Scale Preparation and Properties of Oat Fractions Enriched in (1→3) (1→4)-β-D-glucan. American as-Sociation of Cereal Chemists, Tuc.-Vol.66.№2989, p.97-103.
- Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений /А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
- Коропенко С.В. Голозерний овес – перспективна культура для комбікормової галузі / С.В. Коропенко, Г.М. Станкевич. – Хранение и переработка зерна, №7 (109). – 2008. – С. 42-45.

УДК 664.73:633.11:001.892

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕТАПУ КРУПОУТВОРЕННЯ М'ЯКОЇ М'ЯКОЗЕРНОЇ ПШЕНИЦІ СОРТУ «ОКСАНА»

Жигунов Д.О., канд. техн. наук, доцент, Колесніченко І.Н., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Наведено дані щодо мукомельних властивостей нового сорту м'якої м'язерної пшениці «Оксана». Показано істотні відмінності між процесом здрібнення на крупоутворювальних системах даного сорту зерна в порівнянні зі звичайною твердозерною пшеницею. Встановлено високий вихід і низьку зольність дрібних проміжних продуктів і муки з м'язерної пшениці.

Cited data relatively milling properties of new variety of soft wheat «Oksana». Substantial differences between the process of the break grinding of soft and hard wheat are shown. A high yield and low ash content of fine middling fractions and flour from soft wheat are set.

Ключові слова: м'язерна пшениця, сорт «Оксана», мукомельні властивості, зольність, проміжні продукти, режими систем, загальне вилучення, водно-теплова обробка, мука.

Останніми роками вітчизняною селекцією створено цілу низку нових сортів озимої пшениці. Вони різняться між собою морфологічними ознаками, біологічними властивостями, якісними показниками; мають певну функціональну зорієнтованість щодо агроекологічних умов вирощування, різний адаптивний рівень стійкості до несприятливих факторів зовнішнього середовища, а також відрізняються за цільовим призначенням.

Відсутність певних знань про технологічні властивості нових сортів пшениці не дає можливості використовувати їх із високою ефективністю. Тому вивчення особливостей мукомельних, фізичних, біохімічних та хлібопекарських властивостей перспективних сортів пшениці дозволить розширити асортимент муки, покращити якість хлібобулочних, макаронних, кондитерських виробів, підвищити економічність ефективності роботи підприємств мукомельної та суміжних галузей промисловості.

В селекційно-генетичному інституті (м. Одеса) під керівництвом доктора біологічних наук О.І. Рибалка розроблений і з 2007 р. зареєстрований у реєстрі сортів України новий сорт пшениці «Оксана», який відноситься до м'якої м'язерної пшениці. У порівнянні з твердозерною пшеницею в ендоспермі м'язерної пшениці зчеплення між молекулами протеїну та крохмалю досить слабке. Відносно невелика кількість пошкоджених під час помелу гранул крохмалю є причиною невисокої водопоглинальної здатності борошна. Муку з такої пшениці доцільно використовувати для виробництва сухих продуктів, таких як печиво, тому що вона поглинає меншу кількість води і енерговитрати на видалення вологості з виробів під час випічки зменшуються [1].

У літературі наведені дані щодо хлібопекарських властивостей муки з м'язерної пшениці [2], але відомості про її мукомельні властивості відсутні. Метою даної роботи є провести оцінку мукомельних властивостей зерна пшениці сорту «Оксана» врожаю 2010 р. при початковому здрібненні (на етапі крупоутворення) з дослідженням впливу режимів водно-теплової обробки (ВТО) перед помелом.

Експериментальні дослідження проводились на базі кафедри технології переробки зерна ОНАХТ. Всі дослідження, для виключення помилки методу, проводили у двох паралелях, окрім визначення зольності, де, з метою зниження розбіжностей між результатами, дослід повторювали тричі.

Зерно пшениці перед дослідженням очищалося від домішок на ситовому сепараторі до стандартних кондицій, що не перевищують допустимі норми згідно з Правилами [3]. Далі зерно піддавалось водно-тепловій обробці методом холодного кондиціонування. Для цього відбиралися зразки зерна пшениці (по 1 кг кожний) і зволожувалися окремо до кінцевого значення вологості, що дорівнювала 14,5 %. Вода, яка використовувалась для ВТО, була (20-25) °С, щоб забезпечити необхідні умови для достатнього зволоження зерна.

Відразу ж після внесення потрібної кількості води зразки пшениці щільно закривалися. Час відволоження складав 6; 8; 12 год. За (15-20) хв. до початку здрібнювання проводилось зволоження поверхні зерна на 0,5 %. Таким чином, вологість зерна пшениці перед І драною системою складала 15,0 %.

Розмел зерна пшениці проводився на лабораторній здрібнювальній установці «Nagema». Вона складається з вальцьового верстата з двома парами діагонально розміщених вальців. У кожній половині верстата знаходиться одна пара вальців. Також установка включає в себе двоприймальний розсійник. Розсійник та вальцьовий верстат скомпоновані на одній станині. Драча частина верстату має такі технічні характеристики: кількість рифлів $R = 6$; колова швидкість вальців $V = 6$ м/с; нахил рифлів $H = 6$ %; довжина вальців $L = 150$ мм; діаметр вальців $D = 220$ мм. Продуктивність установки складає 150 кг/год.

Етап крупоутворення проводився на 3-х драних системах. На I і III др.с. міжвальцьовий зазор був зафіксований і становив: на I др.с. – 0,9 мм, III др.с. – 0,3 мм, а на II др.с. зазор змінювали з 0,4 мм до 0,5 мм. Зазори підбиралися таким чином, щоб режими систем відповідали режимам, рекомендованим Правилами для сортових помелів м'якої твердозерної пшениці (табл. 1).

Для оцінки етапу крупоутворення використовували такі показники:

- загальне вилучення за системами, %;
- вихід окремих фракцій (часткове вилучення), %;
- зольність окремих фракцій проміжних продуктів і муки, %;
- вміст крохмалю і зольність верхнього сходу з III др.с., %;
- білість муки, ум.од.

Таблиця 1 – Характеристика дослідів при дослідженні крупоутворення зерна сорту «Оксана»

№ досліду	Час відво- ложення, год	Міжвальцьовий зазор, мм			Вилучення, % до системи		
		b ₁	b ₂	b ₃	I др.с.	II др.с.	III др.с.
101	0	0,9	0,4	0,3	34,5	65,4	26,5
102	0	0,9	0,5	0,3	35,0	51,2	36,8
103	6	0,9	0,4	0,3	34,4	55,4	24,3
104	6	0,9	0,5	0,3	34,0	45,3	32,2
105	8	0,9	0,4	0,3	35,4	55,3	21,4
106	8	0,9	0,5	0,3	35,0	46,9	31,0
107	12	0,9	0,4	0,3	35,8	57,3	23,1
108	12	0,9	0,5	0,3	35,4	47,2	31,4

З табл.1 видно, що ВТО суттєво не впливало на режими I др.с., тим часом, як на II і III др.с. режими систем істотно змінювалися для зволоженого і незволоженого зерна. Так, при зазорі 0,4 мм для незволоженого зерна загальне вилучення на II др.с. складало 65,4 %, а для зволоженого знизилося на (8-10) %. При зазорі 0,5 мм на II др.с. загальне вилучення також зменшилося з 51,2 % до (45,3-47,2) %, тобто на (4-6) %.

На III др.с. для всіх зразків зволоженого зерна при однакових зазорах загальне вилучення зменшувалося на (3-5) %, як при високих (0,5 мм) так і при низьких (0,4 мм) режимах II др.с.

Якщо порівнювати загальне вилучення на II і III драних системах залежно від зазорів на II др.с., то можна помітити, що збільшення зазора для незволоженого зерна призвело до зменшення загального вилучення на 14,2 %, а для зволоженого – на (8,4-10,1) %, тим часом, як на III др.с., навпаки, загальне вилучення збільшувалося на 10,3% (для зволоженого зерна) і (8,1-9,6) % (для незволоженого зерна) при одному і тому ж зазорі на III др.с. Таке збільшення виходу проміжних продуктів пояснюється покращенням якості сходового продукту з II др.с., який поступає на здрібнення на III др.с.

Дані про вихід і зольність окремих фракцій продуктів здрібнення по фракціях наведені у табл. 2 і 3, показують істотні відмінності етапу крупоутворення м'якозерної пшениці від твердозерної.

Таблиця 2 – Вихід продуктів здрібнення по фракціях, %

№ досліду	I др.с.					II др.с.					III др.с.					
	1,0/ 12	12/ 17	17/ 25	25/ 43	43/ –	1,0/ 12	12/ 17	17/ 25	25/ 43	43/ –	–/ 1,0	1,0 /12	12/ 17	17/ 25	25/ 43	43/ –
101	10,1	3,8	5,3	4,7	7,8	7,4	5,7	9,1	7,7	14,8	14,7	2,7	0,6	1,0	1,0	3,7
102	11,8	4,5	5,5	4,9	8,3	8,1	5,6	6,6	4,7	8,3	16,0	4,0	1,0	1,6	2,4	6,7
103	8,8	5,3	5,3	4,7	10,3	5,1	3,9	7,3	6,7	13,3	19,2	3,0	0,8	1,0	0,9	4,4
104	9,6	4,2	5,5	4,9	9,8	5,2	4,2	6,1	5,4	9,0	20,3	4,2	1,1	1,4	2,1	7,0
105	10,0	4,2	5,0	4,9	11,3	5,6	3,2	6,3	7,8	12,8	19,3	3,4	0,8	1,0	0,7	3,7
106	9,8	4,5	5,1	4,7	10,9	5,4	4,2	6,0	5,2	9,7	19,5	4,3	0,9	1,4	1,9	6,5
107	9,9	4,0	5,1	5,6	11,2	5,5	3,2	7,3	6,8	14,0	18,0	3,1	0,5	0,8	1,0	4,0
108	9,9	4,3	5,3	5,3	10,6	5,4	4,1	6,1	5,6	9,3	19,8	3,6	0,9	1,3	2,0	6,5

У порівнянні з орієнтовними виходами проміжних продуктів для м'якої твердозерної пшениці, наведених у Правилах, у м'якозерної пшениці на I др.с. значно зменшився вихід середньої крупки – на

(6-7) % за рахунок пропорційного збільшення виходу муки. Вихід інших продуктів практично не змінювався, як і для твердозерної пшениці. На II др.с. різниця між крупоутворенням зерна сорту «Оксана» і звичайною пшеницею більш помітна. У м'язерної пшениці утворюється в (2-2,5) рази менше крупної і середньої крупок, приблизно стільки ж крупної крупки і дунстів, а ось муки на (3-6) % більше. На III др.с. проміжні продукти практично не утворюються, вихід дрібної крупки і дунстів складає (1-2) %, але вихід муки в (1,5-2) рази вищий ніж для твердозерної пшениці.

Що стосується впливу режимів II драної системи, то збільшення на ній зазора призводило до зменшення загального вилучення на II др.с. і збільшення загального вилучення на III др.с. (що наведено вище в тексті) за рахунок зміни виходу дрібних фракцій продуктів. Так, на другій драній системі вихід дрібної крупки зменшився на (0,5-1) %, дунстів на (1,5-2,5) %, муки на (3-5) %, а на третій драній вихід дрібної крупки збільшився на (0,4-0,6) %, дунстів – на (1-1,4) %, муки – на (2,5-3) %. Вихід крупних фракцій проміжних продуктів на всіх системах залишався постійним незалежно від зволоження зерна і зміни режимів роботи другої і третьої драних систем. Вірогідно, отриманий вихід крупної і середньої крупок знаходиться у максимальному для даного зерна значенні і є його сортовою характеристикою.

Таблиця 3 – Зольність продуктів здрібнення по фракціях, %

№ досліді	I др.с.					II др.с.					III др.с.					
	1,0/ 12	12/ 17	17/ 25	25/ 43	43/ –	1,0/ 12	12/ 17	17/ 25	25/ 43	43/ –	–/ 1,0	1,0/ 12	12/ 17	17/ 25	25/ 43	43/ –
101	1,53	0,96	0,55	0,48	0,48	2,81	1,48	0,53	0,48	0,51	5,32	3,27	2,80	1,53	0,72	0,52
102	1,39	0,90	0,60	0,46	0,50	2,41	0,82	0,47	0,42	0,40	4,91	3,82	2,83	1,24	0,67	0,50
103	1,43	0,69	0,52	0,47	0,48	3,07	0,87	0,46	0,43	0,40	4,70	3,60	2,90	1,78	0,80	0,43
104	1,44	0,68	0,50	0,47	0,46	2,50	0,61	0,45	0,39	0,43	4,39	3,71	2,60	1,46	0,73	0,44
105	1,41	0,72	0,51	0,44	0,47	3,28	1,19	0,53	0,44	0,38	4,56	3,38	3,20	1,50	0,78	0,52
106	1,40	0,76	0,51	0,45	0,49	2,87	0,66	0,51	0,43	0,38	4,38	3,59	3,08	1,42	0,73	0,53
107	1,40	0,67	0,52	0,42	0,44	3,40	1,42	0,51	0,45	0,40	4,72	3,87	3,42	1,50	0,69	0,53
108	1,40	0,62	0,48	0,42	0,43	2,83	0,67	0,50	0,46	0,46	4,42	3,95	3,25	1,58	0,66	0,56

Відомо, що зольність проміжних продуктів повинна бути рівнозначною із зольністю зерна або бути менша від неї. Тому, аналіз зольності продуктів, наведений у табл. 3, показує, що продукти 7/12 на II др.с. і 12/17 на III др.с. мають зольність значно вищу, ніж зольність зерна (1,65 %), і тому їх до проміжних продуктів відносити не можна. Звертає на себе увагу низька зольність дрібної крупки, дунстів і муки на усіх системах (крім дрібної крупки на третій драній системі), яка дорівнює зольності муки хлібопекарської вищого сорту.

Таблиця 4 – Загальний вихід проміжних продуктів і муки, %

№ досліді	Проміжні продукти					Усього
	кр.кр.	сер.кр.	м.кр.	дунсти	мука	
101	10,1	9,5	15,4	13,4	26,3	74,7
102	11,8	10,1	13,7	12,0	23,3	70,9
103	8,8	9,2	13,6	12,3	28,0	71,9
104	9,6	8,4	13,0	12,4	25,8	69,2
105	10,0	7,4	12,3	13,4	27,8	70,9
106	9,8	8,7	12,5	11,8	27,1	69,9
107	9,9	7,2	13,2	13,4	29,2	72,9
108	9,9	8,4	12,7	12,9	26,4	70,3

Враховуючи якість проміжних продуктів, підраховано їх загальний вихід (табл. 4) і середньозважена зольність (табл. 5) з крупоутворюючих систем. Як видно, загальний вихід проміжних продуктів і муки для м'язерної пшениці суттєво нижчий – (69-73) %, ніж для твердозерної – (80-82) %. Це обумовлює наступне зменшення загального виходу готової продукції, його потрібно очікувати на рівні (65-70) % при ідеальній ефективності процесу сортування. Разом з тим середньозважена зольність проміжних продуктів і муки достатньо низька: (0,64-0,66) % у зволоженого зерна і (0,71-0,76) % у незволоженого зерна, що,

як мінімум, на (0,2-0,3) % менше у порівнянні з проміжними продуктами, отриманими при крупоутворенні твердозерної пшениці аналогічної зольності.

Таблиця 5 – Середньозважена зольність проміжних продуктів і муки, %

№ досліду	Проміжні продукти					Усього
	кр.кр.	сер.кр.	м.кр.	дунсти	мука	
101	1,53	1,27	0,60	0,50	0,50	0,76
102	1,39	0,86	0,61	0,48	0,47	0,71
103	1,43	0,76	0,58	0,47	0,48	0,65
104	1,44	0,65	0,58	0,48	0,44	0,64
105	1,41	0,92	0,60	0,46	0,44	0,66
106	1,40	0,71	0,61	0,48	0,46	0,65
107	1,40	1,00	0,57	0,45	0,43	0,65
108	1,40	0,65	0,60	0,47	0,47	0,65

Наведені дані білості муки (табл. 6) свідчать, що на всіх системах вже в драному процесі м'язозерна пшениця утворює муку з показниками білості, які відповідають білості муки хлібопекарської вищого сорту. При цьому на II др.с. для зволоженого зерна білість муки досягає (68-73) ум.од., що при помелі твердозерної пшениці характерно лише для шліфувальних або розмельних систем першої якості.

Таблиця 6 – Білість муки з драних систем сорту «Оксана», ум.од.

№ досліду	I др.с.	II др.с.	III др.с.
101	58,1	60,0	66,0
102	58,5	61,7	63,9
103	62,5	73,2	62,1
104	62,1	69,2	63,5
105	62,5	66,4	64,6
106	61,7	71,0	63,5
107	62,8	68,5	63,5
108	60,3	68,2	63,2

Одним із показників вимелюваності зерна є зольність (табл. 7) і вміст крохмалю у сходових продуктах. Наведені дані також свідчать про особливості здрібнення м'язозерної пшениці, тому що зольність верхніх сходів драних систем значно вища ніж у твердозерної пшениці. А верхній схід з III др.с. за зольністю практично відповідає висівкам, тобто його вже не потрібно направляти на системи вимелу. Це підтверджує і низький вміст крохмалю, який складає (29,2-29,8) % і (31,5-31,9) % для зволоженого і незволоженого зерна, відповідно.

Таблиця 7 – Зольність сходових продуктів (-/1,0) на драних системах, %

№ досліду	I др.с.	II др.с.	III др.с.
101	2,00	3,92	5,32
102	2,05	3,20	4,91
103	2,08	3,64	4,70
104	2,10	3,12	4,39
105	2,11	3,64	4,56
106	2,12	3,21	4,38
107	2,14	3,83	4,72
108	2,14	3,29	4,42

Висновки

Таким чином, на підставі вищенаведених експериментальних даних можна зробити такі висновки:

1. Процес здрібнення м'язозерної та твердозерної пшениці суттєво відрізняється. При помелі м'язозерної пшениці утворюється більша кількість дрібних проміжних продуктів і значно менша кількість крупної і середньої крупки.

2. Вихід крупної і середньої крупки не залежить від режимів зволоження і режимів другої і третьої драних систем, і, вірогідно, є сортовою характеристикою зерна м'язозерної пшениці. Зміна загального вилучення проміжних продуктів за системами обумовлена зміною виходів дрібної крупки, дунстів і особливо муки.

3. За якістю продукти 7/12 на II др.с. і 12/17 на III др.с. мають зольність значно вищу, ніж зольність зерна. Зольність дрібної крупки, дунстів і муки на усіх системах (крім дрібної крупки на третій драній системі) дуже низька, а білість муки висока. За якістю дрібна крупка, дунсти і мука на крупуютворюючих системах відповідають муці хлібопекарської вищого сорту.

4. Водно-теплова обробка сприяє позитивному впливу на крупуютворювальні властивості зерна пшениці сорту «Оксана», найкращі результати спостерігаються при зволоженні зерна до 15 % протягом 6 год. Але кількісно-якісні показники круподунстових продуктів істотно не відрізняються для зволоженого і незволоженого зерна.

5. Режими драних систем згідно з Правилами для м'якої твердозерної пшениці і структура етапу крупуютворення не дозволяють при помелі м'якозерної пшениці отримувати на усіх системах проміжні продукти відповідної якості. Тому при сортових помелах такого зерна необхідно або змінити схему етапу крупуютворення, або змінити режими (знизити загальний вихід) на драних системах з метою підвищення якості найбільш технологічних фракцій проміжних продуктів – крупної та середньої крупки.

Література

1. Топораш І. Пекарям варто знати про борошномельні властивості сучасних сортів пшениці [Текст] / І.Топораш, О.Рибалка, М.Литвиненко, І.Сурженко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2007. – №6. – С.4-6.
2. Рибалка О.І. Немає кращого борошна для кондитерських виробів, ніж з суперм'якої пшениці [Текст] / О.І. Рибалка, Д.В. Аксельруд, О.П. Боделан // Зерно і хліб. – 2008. – №4. – С.47.
3. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах [Текст] : затверджено і введено наказом №83 від 20 березня 1998 р. / Київський інститут хлібопродуктів та Державна акціонерна компанія "Хліб України"; розробники: Г.Д. Крошко, В.І. Левченко, Л.П. Нікітчук, В.А. Стрій (науковий керівник), Л.Д. Щабельська. – К.: Віпол, 1998. – 145с.

УДК 664.788.3.085:005.336.3

ПІДГОТОВКА ЗЕРНА ГРЕЧКИ ДО ПЕРЕРОБКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НВЧ ОБРОБКИ

Моргун В.О., д-р техн. наук, професор, Соц С.М., канд. техн. наук, доцент, Донець А.О., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Представлені результати дослідів при обробці зерна гречки полем надвисокої частоти (НВЧ). За рахунок використання НВЧ – поля покращуються біохімічні та споживчі властивості крупи.

The results of experiments in the processing of buckwheat field of ultrahigh frequency (microwave). By using the microwave - field improved biochemical properties and consumer cereals.

Ключові слова: зерно, гречка, крупа, НВЧ-поле, водо-теплова обробка,

Зернопереробна галузь промисловості є важливим важелем в урегулюванні державної політики на ринку зернопродуктів. У сучасних соціально-економічних умовах саме ця галузь повинна не тільки задовольняти вимогам внутрішнього ринку, але служити могутнім засобом для формування зовнішніх економічних відносин з державами ближнього і далекого зарубіжжя. Розв'язання цих складних задач можливе тільки за умови створення сучасної технічної і технологічної основи, яка могла б на сучасному етапі забезпечити виробництво достатнього обсягу харчової продукції, при цьому не маючи високих затрат на переробку сировини.

Разом з тим, в умовах необхідності розробки нових енергозберігаючих технологій, заснованих на сучасних технічних досягненнях, питання про модернізацію того, що діє і створення нового покоління устаткування зернопереробних виробництв стає понад актуальним. Як відомо, енерговитрати теперішнього виробництва харчової продукції великі. Практично всі сучасні технологічні процеси обробки сировини і зернопереробного виробництва вимагають підведення енергії в тій або іншій формі. Такі процеси як сушка, пропарювання поглинають велику кількість енергії. Разом з тим, з погляду класичної термодинаміки і теплофізики, всі ці процеси насамперед можна віднести до розряду енергетично неефективних. Навіть початковий аналіз технічного рівня круп'яного виробництва свідчить про те, що воно має за основу розробки 60-70-х років.

Мікрохвильові технології відносяться до ряду енергозберігальних, зниження питомих витрат енергії і загального енергоспоживання в середньому від (1,5-2) рази до (5-7) раз. Така суттєва економія досягається за рахунок принципу нагріву даної установки. Мікрохвильове випромінювання трансформується в теплову енергію при взаємодії з об'єктом на мікромолекулярному рівні. За рахунок дії поля в продукті утворюється поляризація молекул води і при випромінюванні напрям поляризації змінюється, що заставляє молекулу води рухатись, повторюючи синусоїду хвилі з частотою 2,4 МГц. При цьому за рахунок міжмолекулярного тертя вивільняється значна кількість теплової енергії, її кількість залежить від структури матеріалу, вологості продукту і рівномірності розподілу випромінювання на поглинальний продукт.

Для дослідження впливу мікрохвильового випромінювання на продукт була спланована математична модель процесу, а попередньо проведені дослідження дали можливість визначення варіювання величин факторів та часткового впливу дії факторів на критерій оптимізації. Вологість продукту змінювалася у діапазоні від 20 % до 30 %, із кроком 5 %. За допомогою попередніх дослідів і кривої водопоглинання, було визначено час відволоження продукту перед обробкою, він змінювався в межах від 5 год. до 15 год. з кроком 5 год. Напруженість поля-НВЧ в камері обробки мала значення від 30 до 300 В/см, експозиція змінювалася в межах від 5 хв. до 15 хв. з кроком 5 хв. Оскільки вихід готової продукції є основним еко-мікотехнологічним показником процесу, його і використовували як критерій оптимізації (рис 1).

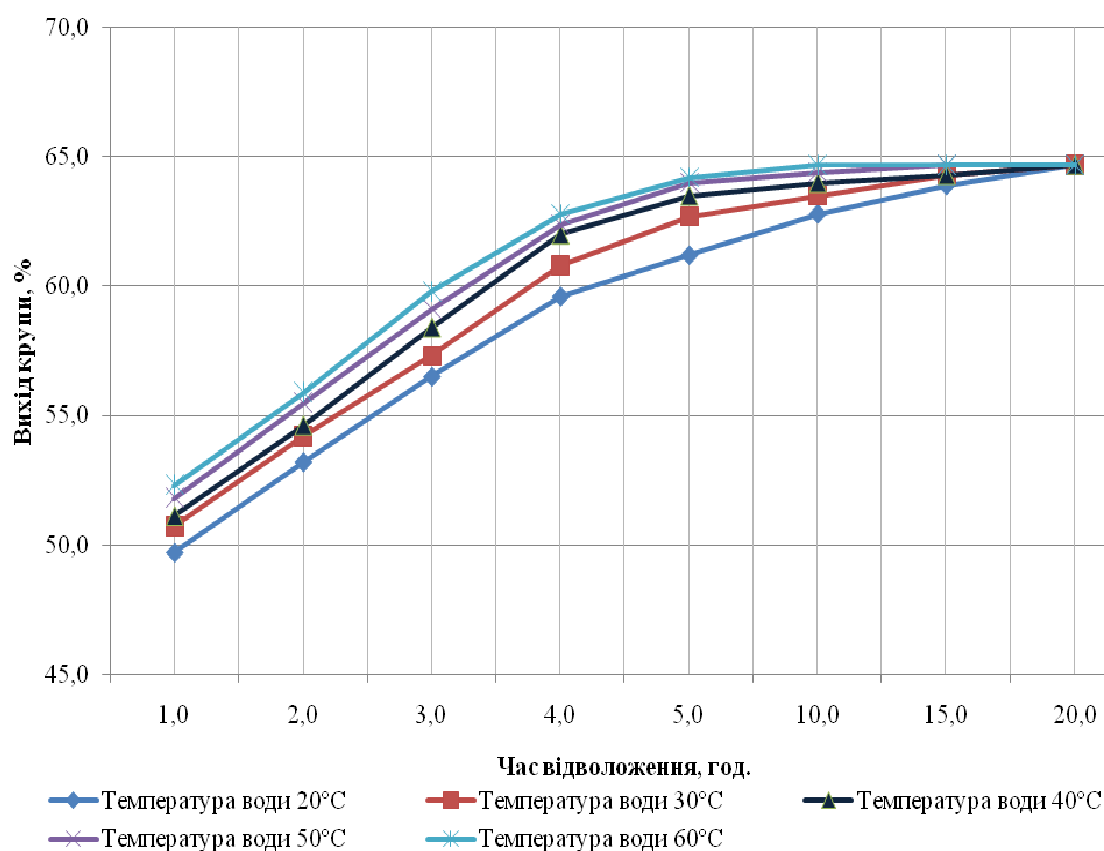


Рис. 1 – Вплив часу відволоження та температури води на вихід крупи гречаної

Вода є не тільки фізичним, але й біохімічним фактором, – проникаючи в зерно, призводить до набухання білків і крохмалю, за рахунок чого ущільнюється структура тканин зерна, а подальша обробка зволоженого зерна полем надвисокої частоти збільшує його міцність і покращує технологічні властивості (рис. 1). Застосування підігрітої води з температурою (20-60)°C дає можливість зменшити час відволоження. Відволоження протягом (3-5) год. значно зменшує вихід проділу. Подальше збільшення часу відволожування не приводить до суттєвих змін загального виходу крупи і проділу. Це пояснюється тим, що проникненню вологи сприяє не тільки градієнт вологовмісту, а й градієнт температури, який у значній мірі збільшує швидкість проникнення вологи в зернівку.

Таблиця 1 – Вплив напруженості поля НВЧ на вихід крупи гречаної

Метод підготовки	Напруженість поля НВЧ, В/см	Вихід крупи	
		Цілої крупи, %	Загальний, %
Без ВТО	-	47	62,0
ВТО поле – НВЧ	30	47,6	62,4
	75	50,7	63,3
	150	55,6	64,6
	225	61,3	69,2
	300	65,1	70,3

Умови для виконання дослідів (табл. 1) – зволоження водою з температурою (40-45) °С, час відволоження протягом (4-4,5) год., вологість зерна перед обробкою полем надвисокої частоти (25±0,5)%, час експозиції в камер 5 хв.

Зі збільшенням напруженості поля – НВЧ від (30-300) В/см вихід крупи гречаної цілої збільшується, а кількість крупи гречаної подрібненої (проділу) зменшується. Це пояснюється інтенсифікацією режиму обробки полем НВЧ, що впливає на структурно-механічні властивості зерна гречки, а саме зміцнення ядра та збільшення крихкості оболонок. Найкращі показники виходу отримані при напруженості поля – НВЧ (225-300) В/см. Оскільки однією з константних умов дослідів використовувався час експозиції в полі НВЧ, досліджено вплив часу обробки на вихід і якість крупи гречаної (рис. 2)

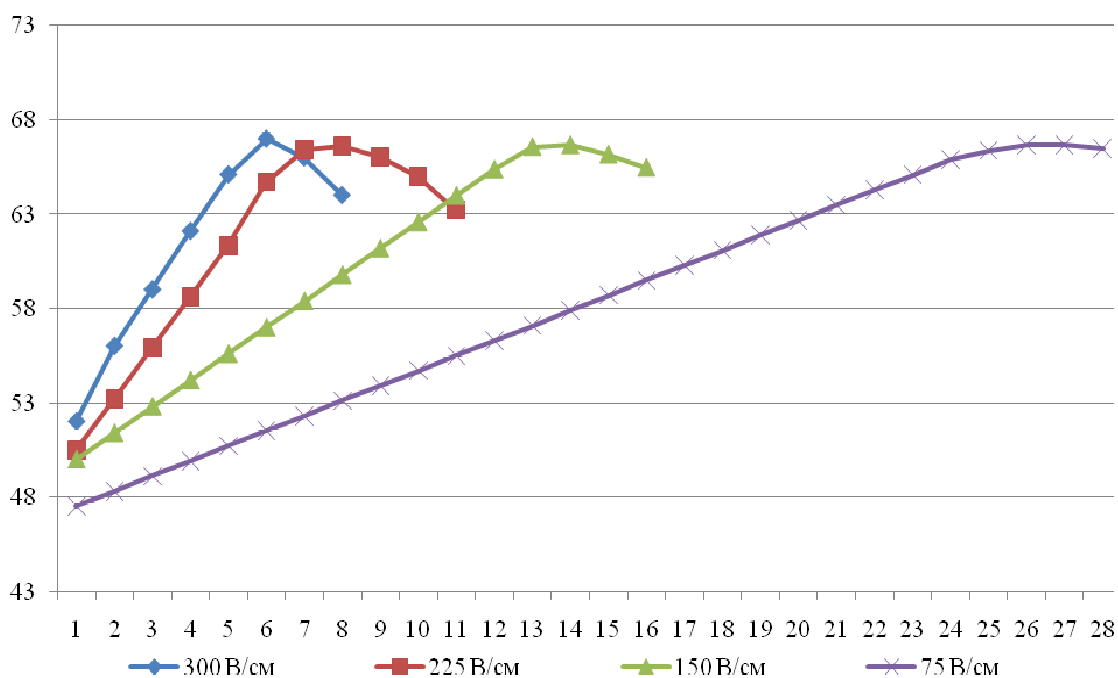


Рис. 2 – Вплив потужності та часу експозиції в камері НВЧ на вихід гречаної крупи

Зі збільшенням напруженості поля НВЧ (рис. 2) зменшується час експозиції в камері, що пояснюється збільшенням кількості енергії підведеної за одиницю часу, також при напруженості 300 В/см спостерігався найбільший вихід цілої гречаної крупи.

У процесі обробки зерна полем НВЧ, дипольні молекули за рахунок хвильових характеристик електромагнітного поля мають дипольний момент обертання. Міжмолекулярне тертя, утворене обертальним моментом, збільшує температуру зерна. Більша частина органічних сполук, у тому числі волога знаходяться у всіх анатомічних частинах зернівки, відіграючи роль нагрівального елемента. Молекулярна маса

води із всього хімічного складу зерна гречки найменша, тому і орієнтування цієї молекули за напрямом дії НВЧ поля відбувається найшвидше, звідси найбільший дипольний обертальний момент, отже, і нагрів цієї молекули найвищий.

У результаті обробки полем НВЧ у зерні гречки формується середовище з високою відносною вологістю (волога, яка в результаті нагріву випаровується) і високою температурою, таким чином виникають градієнти температури і вологи, які сприяють змінню структурно-механічних властивостей зерна, а саме – зміцненню ядра і завдяки напрямку градієнта температури (від середини до оболонок зернівки) збільшенню крихкості оболонок.

Розглядаючи водно-теплову обробку при виробництві гречаної крупи, необхідно звернути увагу на енерговитрати всіх процесів, через які проходить зерно (рис 3).

Основні енерговитрати можна віднести до водно-теплової обробки, оскільки для зміни структурно-механічних властивостей використовується проварювання з тиском (0,25-0,3) МПа та експозицією (6-7) хв., після чого зерно направляють на сушіння до вологості 13,5%. На пропарювання 1 тонни зерна гречки витрачається (150-200) кг/год пари, при цьому загалом на виробництві встановлені пропарювачі дискретного типу дії, що вимагає додаткових оперативних ємностей для ефективної роботи іншого технологічного обладнання підготовчого відділення крупозаводу. Для виробництва (150-200) кг/год пари необхідно парогенератор потужністю (140-155) кВт/год, навіть при спалюванні в котельних лушпиння гречки для виробництва пари витрачається велика кількість енергії.

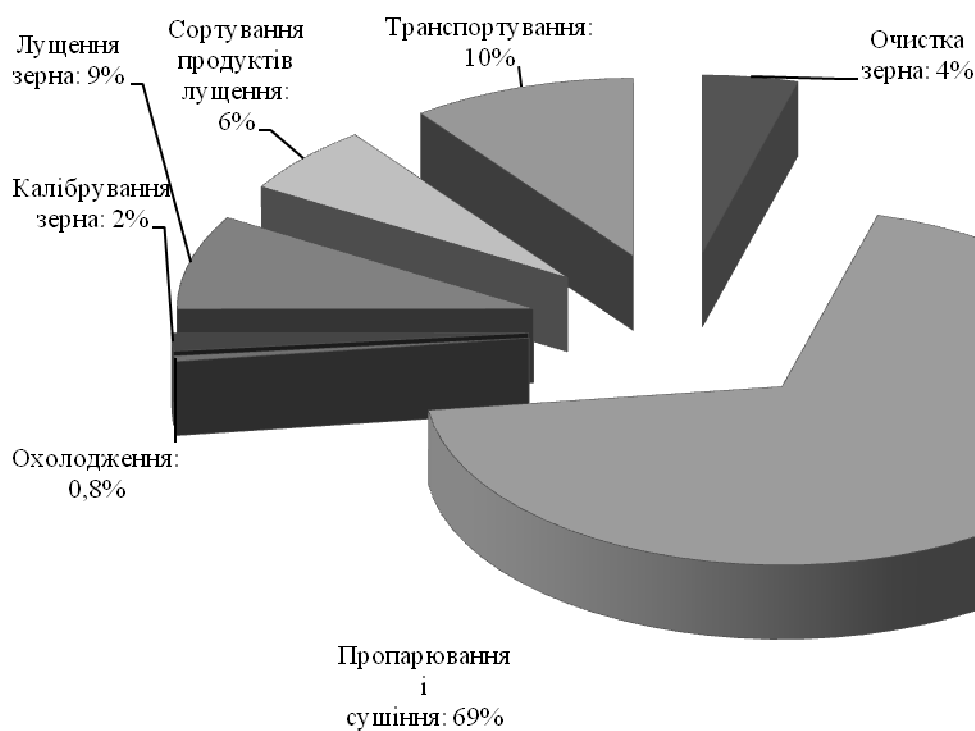


Рис. 3 – Енерговитрати на виробництво гречаної крупи

Розглядаючи хвильові методи підведення енергії, необхідно враховувати структуру потоку енергії, ефективність її поглинання, а також характеристики продукту, задіяного в цьому процесі. Принципова відмінність хвильових методів підведення енергії від конвективних є в тому, що при конвективних методах енергія передається через поверхню розділення фаз, структур, тіл. Використання хвильових методів дає можливість використовувати об'ємне поглинання енергії.

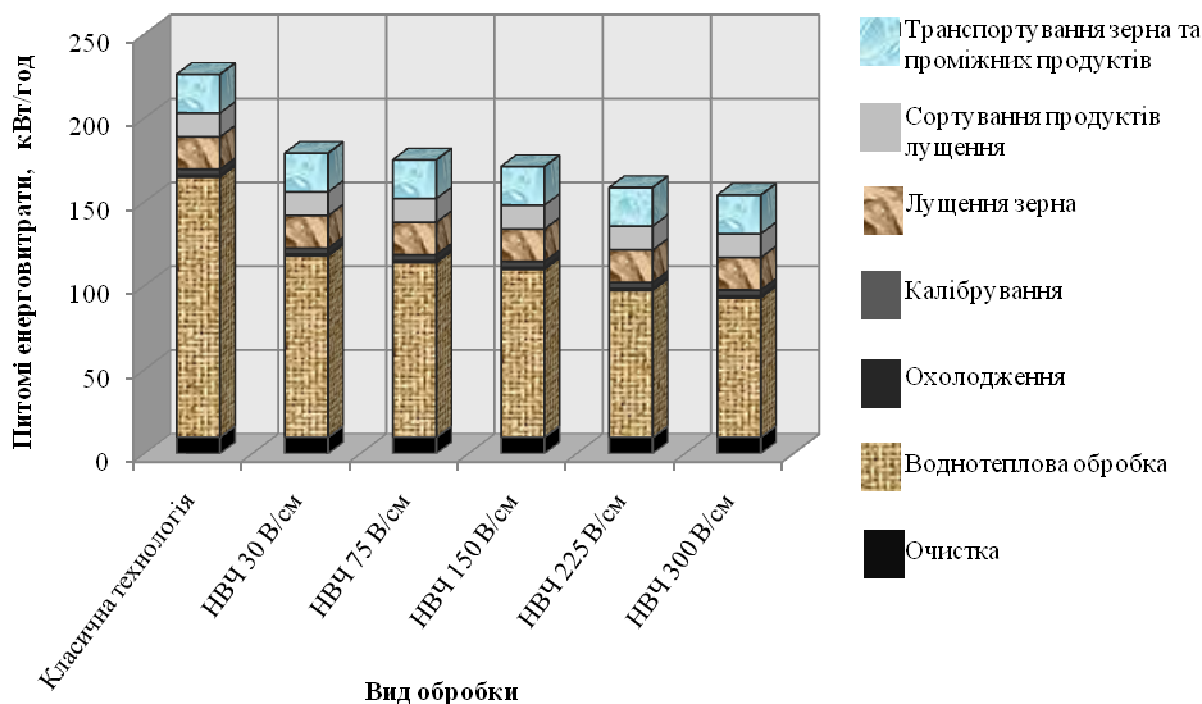


Рис. 4 – Питомі енерговитрати при виробництві гречаної крупи

Енергія поля з високою ефективністю перетворюється в тепло при використанні поля НВЧ у процесі водно-теплової обробки. (рис. 4) При напруженості 300 В/см енерговитрати на водно-теплову обробку 1 тонни зерна складають (85-97) кВт/год що на (35-40) % менше в порівнянні з пропарюванням і сушінням зерна в класичній технології підготовки.

Висновки

1) Водно-теплова обробка зерна гречки з використанням поля НВЧ збільшує загальний вихід крупи за рахунок кращої зміни структурно-механічних властивостей у порівнянні з пропарюванням і сушінням зерна.

2) Енерговитрати при використанні обробки зерна гречки полем НВЧ на (35-40) % менші в порівнянні з класичною технологією підготовки.

Література

1. Bamrett A., Myers P.C., Sadovsky N. L. Detection of breast cancer by microwave radiomete. Radio Sci.-1977. – Vol 12, N68 – P. 167-171.
2. Губиев Ю. К., Красников В. В., Гаспарянц А. Г. Микроволновые процессы и техника в пищевой теплотехнологии//Перерабатывающая промышленность .–1996.-№ 1. – С. 39-44.
3. Бацев П.В., Зусмановский А. С, Михайлов Л.Ф. Промышленная СВЧ печь для групповой обработки диэлектрических материалов. – Электронная техника. Серия Электроника СВЧ. –1974. – Вып. 9. - С.79-83.
4. Наумова К. Грибковые заболевания. – Хлеб и зерно. –1996. – N 4. – С. 20-21.
5. Тучный В.П. Микроволновые технологии в современной структуре технического прогресса. // Микроволновые технологии в народном хозяйстве. / Ред. Калинин Л.Г. – Одесса: ОКФА, 1996.–С. 6-12.
6. Microwave trouby proti skladist nim skudkum //Zemledelske aktuality.– 1996.-N 11 ,–С. 27.
7. Пат. США № 4 423 623, 1984 р.
8. Емме Ф. Диелектричні вимірювання. – М.: Хімія, 1967. –222 с.
9. Потапов А.А., Ліванцова СВ. СВЧ – диелектрограф. – Іркутськ: СФ ВНИИФТРИ, 1985. –35с.
10. Захарія Й.А. Основи надвисокочастотних радіовимірювань. – К.: Вища школа, 1972,344 с.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ СИСТЕМ ДРАНОГО ПРОЦЕСУ НА ПИТОМІ ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ НА ПОДРІБНЕННЯ

Шутенко Є.І. канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Наведені результати вивчення особливостей зміни питомих енерговитрат залежні від режимів роботи систем драного процесу при сортових помелах пшениці.

The results of the study of specific features of change of energy depending on the mode control process in lath pomelo-grade wheat.

Ключові слова: пшениця, подрібнення, драний процес, режим, енергоємність.

Аналіз результатів наукових досліджень, які стосуються ефективності процесу крупоутворення при сортових помелах пшениці, показує, що на сьогодні досить детально вивчено взаємозв'язок кількісних та якісних показників його ефективності. Разом з тим немає достатньої інформації щодо енерговитрат крупоутворювальних систем залежно від режимів їхньої роботи.

З урахуванням зазначеного, проведено вивчення особливостей зміни питомих енерговитрат залежно від режимів роботи систем драного процесу. Для експериментів був прийнятий варіант схеми драного процесу, який реалізується на чотирьох системах, подрібнення і сортування на яких здійснюється послідовно.

Режими першої драної системи характеризувались трьома рівнями загального вилучення I_1 , які становили $(12,5 \pm 0,5) \%$; $(22,5 \pm 0,5) \%$; $(44,5 \pm 0,5) \%$. Для кожного з наведених значень загального вилучення на I др.с. встановлювали по три рівні загального вилучення на всіх інших системах, тобто на II др.с., III др.с. і IV др.с. При цьому сумарне вилучення на трьох перших драних системах знаходилось в межах $(78-80) \%$, що відповідає рекомендаціям «Правил» [1].

Для досліджень використовували рядову озиму червонозерну пшеницю скловидністю 52 % з початковою вологістю 13 %. Зерно до переробки готували з використанням холодного кондиціонування, в процесі якого зерно зволожували до 16 % та відволожували протягом 15 годин. Питомі витрати енергії для окремих систем оцінювали витратами електроенергії на одну тону продуктів загального вилучення, а для окремих груп систем – середньозваженими енерговитратами на одну тону продуктів загального вилучення.

Результати отриманих експериментальних даних наведені в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Вплив режимів роботи I-IV драних систем на питомі витрати електроенергії на окремих системах

Умови експерименту	Загальне вилучення I , % та питомі витрати електроенергії $A_{\text{пит}}$ кВт*год/т							
	I др.с.		II др.с.		III др.с.		IV др.с.	
I_1	I_1	$A_{\text{пит.1}}$	I_{II}	$A_{\text{пит.2}}$	I_{III}	$A_{\text{пит.3}}$	I_{IV}	$A_{\text{пит.4}}$
$12,5 \pm 0,5 \%$	13,1	21,10	51,40	6,70	16,10	14,07	3,75	65,86
	12,4	20,96	58,90	8,33	7,15	21,86	3,85	62,00
	12,5	19,15	61,70	12,54	4,95	15,67	3,20	61,43
$22,5 \pm 0,5 \%$	22,40	15,44	40,90	6,25	15,30	15,60	3,80	71,58
	22,35	15,30	50,10	6,66	6,90	26,04	3,35	66,35
	22,90	14,56	53,20	11,89	4,70	16,34	3,10	55,02
$44,5 \pm 0,5 \%$	44,80	11,23	21,35	5,89	13,20	16,49	3,45	72,76
	44,10	9,89	24,70	6,92	7,65	18,61	4,30	52,83
	44,85	10,68	31,25	12,86	3,50	19,54	2,90	65,15

Аналіз даних табл. 1 свідчить про протилежний вплив збільшення величини загального вилучення на питомі енерговитрати на першій і другій драних системах. Так, при збільшенні загального вилучення на I драній системі з $12,5 \%$ до $44,5 \%$ питомі витрати електроенергії зменшуються з $((19-21) \text{ до } (9,9-11,2)) \text{ кВт*год/т}$. Отримані результати добре узгоджуються з дослідженнями інших авторів [2]. Такий характер зміни питомих енерговитрат на I др.с. пояснюється тим, що при порівняно невеликих величинах загального вилучення, частка енергії на розрив оболонок і утворення мікротріщин в зерні, які не реалізуються у вільну поверхню, значно більша, ніж при великих значеннях загального вилучення. Зі збільшенням вилучення на II др.с. спостерігається збільшення питомих витрат енергії. При максимальному вилученні на I др.с. най-

меншому значенню вилучення на II др.с. відповідають найменші витрати енергії – 5,89 кВт*год/т, а максимальному вилученню (31,25 %) – максимальні енерговитрати (12,89 кВт*год/т). Мінімальному значенню вилучення на I др.с. (13,1 %) і найменшому вилученню на II др.с. (51,4 %) відповідають найменші питомі витрати енергії на II др.с. (6,70 кВт*год/т). Таким чином, незалежно від режимів роботи I др.с. за мірою збільшення величини загального вилучення на II др.с. зростають питомі витрати енергії. Але, в порівнянні з першою драною системою, числові значення $A_{\text{шт}}$ менші і змінюються на II др.с. в межах (5,9-12,9) кВт*год/т залежно від умов експерименту. Таку особливість зміни питомих витрат електроенергії можна пояснити тим, що процес подрібнення на II др.с. реалізується при зниженні частки енерговитрат на розрив поверхневих оболонок і при більш інтенсивній реалізації у вільну поверхню мікротріщин, які утворюються в продуктах подрібнення I др.с.

Із наведених у табл. 1 даних видно, що питомі витрати енергії на III др.с. варіюють у межах (14-26) кВт*год/т при величині загального вилучення на цій системі (3,5-16) %. При цьому мінімальні енерговитрати на III др.с. будуть за умов, коли величина сумарного загального вилучення з перших трьох драних систем знаходиться в межах (78-80) %. При подальшому збільшенні сумарного загального вилучення питомі витрати енергії на III др.с. різко зростають.

Дані табл. 1 також показують, що вилучення дунстів і муки на IV драній системі в кількості (3-5) % (по відношенню до навантаження на I др.с.) характеризується питомими витратами енергії на цій системі (50-75) кВт*год/т, що в декілька разів перевищує питомі витрати енергії на будь-якій з перших трьох драних систем. Це підтверджує високу питому енергоємність процесу вимелювання оболонкових продуктів у вальцових верстатах.

Таблиця 2 – Вплив режимів роботи окремих груп крупотворювальних систем на середньозважені питомі витрати електроенергії

Умови експерименту	Загальне вилучення И, % та питомі витрати електроенергії $A_{\text{шт}}$ кВт*год/т					
	I - II др.с.		I - III др.с.		I - IV др.с.	
I_1	I_{1-II}	$A_{\text{шт. I-II}}$	I_{1-III}	$A_{\text{шт. I-III}}$	I_{1-IV}	$A_{\text{шт. I-IV}}$
12,5± 0,5 %	64,5	9,6	80,6	10,5	84,4	13,0
	71,3	10,5	78,5	11,6	82,3	13,9
	74,3	13,2	79,5	13,3	82,7	15,1
22,5± 0,5 %	63,3	9,5	78,6	10,7	82,4	13,5
	72,4	9,3	79,4	10,8	82,7	13,0
	76,1	12,7	80,8	12,9	83,9	14,5
44,5± 0,5 %	66,2	9,5	79,4	10,7	82,8	13,3
	68,8	8,8	76,5	9,8	80,8	12,1
	76,1	11,6	79,6	11,9	82,5	13,8

Отримані результати досліджень (табл. 2) також наочно підтверджують зв'язок режимів окремих груп крупотворювальних систем із середньозваженими питомими енерговитратами на здрибнення. Так, при всіх прийнятих рівнях загального вилучення на першій драній системі та за мірою збільшення цього показника на другій драній системі і величині загального сумарного вилучення з цих систем (63,0-72,0) % середньозважені питомі енерговитрати на них не зростають. Це можна пояснити тим, що приріст у зазначених межах загального сумарного вилучення I-III др.с. за рахунок збільшення загального вилучення на II др.с. здійснюється в значній мірі шляхом реалізації у вільну поверхню залишкових деформацій у продукті, що поступив на подрібнення з першої драної системи. Але при подальшому збільшенні продуктів загального вилучення на II др.с. і відповідно сумарного вилучення з I-II др.с. спостерігається досить стрімке зростання середньозважених питомих витрат енергії в результаті необхідності підводу додаткової енергії для утворення нових мікротріщин і їхньої реалізації у вільну поверхню. Аналогічна тенденція характерна також і для групи, яка об'єднує перші три драні системи (крупотворювальні системи першої якості). Такий характер взаємозв'язку цих параметрів свідчить про те, що з точки зору енерговитрат друга драна система є визначальною серед крупотворювальних систем. Інтенсифікація режимів подрібнення на ній з перевищенням рекомендованих значень загального вилучення (не більше 60 % по відношенню до навантаження на дану систему) і відповідно зниження за рахунок цього загального вилучення на III др.с. призводить до зростання середньозважених питомих витрат на крупотворюючих системах.

Висновки

Результати досліджень показали, що оптимальних витрат енергії на крупотворюючих системах при сортових помелах пшениці можна досягти при підтриманні величини загального сумарного вилучення на перших двох драних системах на рівні (68-70) % та (78-80) % з перших трьох систем по відношенню до навантаження на I др.с. При цьому загальне вилучення продуктів на II др.с. не повинно перевищувати 60 % по відношенню до навантаження на дану систему.

Література

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. [Текст]. / – К., 1998. — 145 с. – У надзаг.: Мін-во АПК України, Київ, ін.-т хлібопродуктів.
2. Ястребов, П.П. Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур [Текст]. / П.П. Ястребов. – М.: Колос, 1973. – 311 с.

УДК 664.788.021.4

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО МУКИ ТРИТИКАЛЕ

Чумаченко Ю.Д., канд. техн наук, доцент, Батт А.В., канд. техн наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Было проведено исследование влияния режимов воднотепловой обработки на хлебопекарные свойства муки. Получены положительные результаты при обработке зерна тритикале методом горячего кондиционирования.

A study of influence of the modes of water-thermal treatment was undertaken on bakery properties of flour. Positive results are got at treatment of grain the triticale method of the hot conditioning.

Ключевые слова: тритикале, воднотепловая обработка, мука, клейковина, объем хлеба, пропаривание.

Интерес к зерновой культуре тритикале не ослабевает уже не один десяток лет, как среди селекционеров, так и среди мукомолов. Огромный потенциал этой зерновой культуры заставляет искать ученых новые пути использования тритикале, и в первую очередь для пищевых целей.

Особый интерес при подготовке зерна тритикале к помолу представляет применение горячего кондиционирования, учитывая его положительное воздействие на слабую клейковину тритикале.

При нагревании происходит улучшение реологических свойств клейковины, что весьма важно для зерна тритикале, обладающего слабой, растяжимой клейковиной. В результате воднотепловой обработки зерна происходит значительное изменение активности ферментов, наблюдается перераспределение минеральных веществ и витаминов по различным анатомическим частям зерновки [1].

Кроме того, в результате воднотепловой обработки достигается более интенсивное разрыхление эндосперма и повышение прочности оболочки, что позволяет увеличить выход муки, улучшить ее белизну, снизить зольность и уменьшить расход энергии на измельчение зерна.

Однако воднотепловая обработка характеризуется повышенной сложностью сочетания различных параметров и, всякое отступление от оптимального режима ведет к ухудшению мукомольных и хлебопекарных свойств зерна.

Анализ имеющихся в литературе данных о воднотепловой обработке зерна пшеницы и ржи позволили обобщить априорную информацию и выявить область изменения наиболее важных факторов, оказывающих воздействие на технологические свойства тритикале. К таким факторам были отнесены: время пропаривания зерна (сек.), давление пара (Па) и время отволаживания зерна (час).

Пропаривание зерна проводили в лабораторном пропаривателе периодического действия. Помолы зерна тритикале проводили на мельничной установке МЛУ-8004. Выход муки изменялся в зависимости от режима ВТО и составлял (63,5–69,0) %. Величина давления пара и время обработки предопределяли температуру нагрева зерна, которая изменялась от 32 °С до 68 °С.

Выход муки возрастал с увеличением температуры нагрева зерна и достигал наибольшей величины при температуре (40-50) °С, а затем снижался. Это связано с тем, что при нагреве зерна усиливается процесс влагопереноса внутрь зерновки, в результате чего возрастают структурные изменения в зерне, происходит ослабление связей между составными частями зерна, что приводит к увеличению выхода муки. При дальнейшем увеличении температуры до 68 °С наблюдалось снижение выхода муки и ухудшение вымола.

Таблица 1 – Хлебопекарные свойства муки из тритикале

	Режимы горячего кондиционирования			Клейковина		Седиментации, мл	Газообразующая способность мл CO ₂	Пробная выпечка	
	$\Sigma_{пр}$, с	P, МПа	$\Sigma_{отв}$, ч	Сырая, %	Усл. ед. ИДК - 1			Объем хлеба, см ³	Пористость, %
1	40	0,15	4,5	29,5	108	149,0	1424	430	68,8
2	40	0,15	1,5	31,8	111	19,5	1248	410	68,5
3	40	0,05	4,5	34,4	108	18,0	1524	410	67,9
4	40	0,05	1,5	34,2	112	17,5	1288	415	68,5
5	20	0,15	4,5	31,5	110	18,0	1400	435	69,2
6	20	0,15	1,5	30,6	112	19,0	1464	425	68,6
7	20	0,05	4,5	34,6	112	17,5	1292	410	68,2
8	20	0,05	1,5	34,4	115	17,5	1368	410	67,8
9	13	0,1	3,0	33,6	112	20,0	1374	425	69,5
10	47	0,1	3,0	33,9	110	18,0	1512	420	68,2
11	30	0,02	3,0	33,5	112	18,0	1382	415	68,2
12	30	0,18	3,0	30,8	110	17,5	1552	420	68,4
13	30	0,1	0,5	34,4	112	19,0	1406	445	69,0
14	30	0,1	5,5	33,9	112	18,0	1338	450	70,5
15	30	0,1	3,0	33,7	112	20,0	1284	460	70,4
16	30	0,1	3,0	32,8	110	19,5	1305	470	69,3
17	30	0,1	3,0	33,8	112	19,5	1298	450	70,8
18	30	0,1	3,0	34,1	110	20,0	1312	460	70,5
19	30	0,1	3,0	33,5	112	19,0	1295	465	69,6
20	30	0,1	3,0	33,6	110	20,0	1327	470	70,5

Параметры воднотепловой обработки оказывают влияние на выход клейковины. С увеличением давления пара происходит снижение выхода клейковины, при давлении пара 0,05 МПа выход клейковины составляет (33,5–34,6) %, а при увеличении давления до 0,15 МПа – снижается до (29,5–30,8) % (табл.1). Увеличение времени пропаривания также способствует снижению выхода клейковины, что очевидно связано с частичной денатурацией белков под действием нагрева. Упругость клейковины (по испытанию на ИДК – 1) при горячем кондиционировании изменяется незначительно (на 7 усл.ед. прибора). Это подтверждает мнение многих ученых [2,3], что свойства клейковины тритикале (слабая, липнущая клейковина) вызваны наследственными особенностями зерна ржи и, следовательно, в процессе теплового воздействия существенно не изменяются.

Газообразующая способность муки в зависимости от режимов ВТО менялась незначительно ((1248–1552) мл CO₂), поэтому увеличение объема хлеба можно отнести за счет повышения газодерживающей способности муки под влиянием нагрева.

С увеличением давления пара во время пропаривания возрастала температура нагрева зерна, что в свою очередь увеличивало активность ферментов, в результате чего возрастала газообразующая способность муки.

Наиболее полным показателем, характеризующим хлебопекарные свойства муки, является пробная выпечка хлеба. Полученные данные свидетельствуют, что температурный фактор оказывает положительное влияние на хлебопекарные свойства полученной муки, в частности, увеличивается объемный выход хлеба и его пористость.

Увеличение времени пропаривания с 20 до 40 с приводит к снижению объемного выхода хлеба, а увеличение давления до (0,18–0,20) МПа также снижает хлебопекарные свойства муки (объемный выход и пористость).

Литература

1. Казаков Е.Л., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М. Колос, 1980,-319 стр.

2. Тритикале. Изучение и селекция. – Материал международного симпозиума, Ленинград: НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова, 1974,-251 стр.
3. Тритикале России. Сборник материалов заседаний секций тритикале РАСН,Дон.зон.НИИ – Ростов н/Д., 2000, - 132 стр.

УДК 664.72:633.11-021.465

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ШЛЯХОМ ПОПЕРЕДНЬОГО ЛУЩЕННЯ ПРИ ЙОГО ПЕРЕРОБЦІ

Жигунов Д.О., канд. техн. наук, доцент, Петросьянц А.П., канд. техн. наук, асистент,
Ковальов М.О., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій

Необхідність вдосконалення технології сортів помелів є одним з першочергових завдань зернопереробної промисловості. Лущення зерна пшениці перед помелом може збільшити і покращити якість муки. У роботі наведені результати досліджень впливу лущення пшениці на зміну якості зерна і виходу проміжних продуктів на драних системах.

One of the primary tasks of milling industry is the perfection of technology of high quality grades. Pearling of wheat before milling can increase the yield and improve the quality of flour. The research results of impact of wheat pearling on change of grain quality and middling's yield on break systems are present.

Ключові слова: лущення зерна, санітарно-гігієнічні показники, зольність зерна, крупоутворення, мука, енергетичні витрати.

У часи продовольчої та енергоресурсної кризи у світі, та в Україні, актуальними залишаються питання підвищення якості продукції та необхідність розробки і використання енерго- та ресурсоощадних технологій. В мукомельній промисловості спостерігаються аналогічні тенденції з використанням сучасних розробок провідних корпорацій галузі. Це стосується як технологій збирання, зберігання, очистки, підготовки сировини до переробки, так і модернізації технологічного обладнання і технології переробки зерна зокрема.

Галузь переробки зерна постійно знаходиться у динамічному розвитку в напрямку підвищення ефективності технології і підвищенню рівня продовольчого використання зерна. На найсучасніших млинах, оснащених новітнім технологічним, транспортним та аспіраційним обладнанням, вихід муки вищого сорту сягає (72-75) %, при вмісті ендосперму (78-82) %, тобто наблизився до максимально можливого значення. Складність технологічних схем, значна кількість різних етапів, висока протяжність самопливів та матеріалопроводів – також досягли критичної позначки. Тому на сучасному етапі розвитку технології переробки зерна більш актуальним стає напрямок на спрощення складних технологічних схем сортового помелу пшениці за рахунок його удосконалення і використання більш ефективного технологічного обладнання як при підготовці зерна до переробки, так і безпосередньо при розмелі зерна.

Одним з способів підвищення ефективності сортового помелу є застосування процесу обробки зерна на етапах його підготовки до помелу, відомого за рубежом під термінами “debranning” (від німецького “bran” – висівки, тобто зняття висівок) або “pearling” (від англійського “pearl” – перлина, тобто шліфування). Ці терміни більш відомі в вітчизняній технології як лущення – процес зняття частини оболонки зернівки з метою зміни її технологічних і санітарно-гігієнічних властивостей [1].

Дослідженням впливу процесу лущення зерна на якість і вихід муки займалось багато вітчизняних вчених. Так, ще в 30-х роках цю тему розглядав В.Я. Гіршсон, використовуючи оббивні машини з абразивною поверхнею проводив досліди з лущенням попередньо зволоженої пшениці, які дали позитивні результати. Однак через надмірно високу вологість оболонки (до (35-45) %) і необхідність їх висушування, цей спосіб не одержав поширення [3].

В 40-х роках у Московському технологічному інституті харчової промисловості під керівництвом Л.Н. Любарського були проведені роботи з використанням фізико-хімічних методів відділення оболонки [7]. Але використання хімічних методів визнали неприйнятними через зниження харчової цінності готової продукції.

Разом з тим Я.Н. Купріц сформулював загальноприйняте твердження: найміцнішою частиною зернівки є оболонки, для руйнування яких потрібно найбільших зусиль. Тому їх видалення перед здрібненням

має великий вплив на структурно-механічні властивості зернівки і зернової маси в цілому, що суттєво змінює технологічний процес розмелу зерна [6].

У 50-60-х роках А.В. Кисельова та І.Е. Борисенко [5] додатково зволожене зерно, після оббивної машини, направляли на луцильну машину типу ЗШН. Встановили, що зняття оболонки у кількості (3-3,5) % призводило до зменшення зольності зерна на (0,02-0,06) %, але проведені помели показали підвищення зольності муки усіх сортів на (0,01-0,03) %, у порівнянні з мукою з нелущеного зерна.

У 70-80-х роках найбільш значущими у даному напрямі були дослідження І.Т. Мерко, І.Р. Дударєва, І.В. Настагуніна, проведені в ОТХП (м. Одеса), а також роботи Б.М. Максимчука, Г.А. Єгорова, Ж.С. Алімкулова та інших дослідників, проведені у ВНДІЗ і МТХП (м. Москва). Мерко І.Т. вказував на необхідність інтенсивної очистки зерна в машинах з абразивними робочими органами для видалення бруду з поверхні зерна і зниження його зольності, часткового видалення бороздки і зародка [8]. Дударєв І.Р. і Настагунін І.В. у результаті дослідів розробили машину мокрого лушення ШДМ, за один прохід машина знімала (1,2-1,6) % оболонки і знижувала зольність на 0,03 % [2]. У роботі Алімкулова Ж.С. відзначалось покращення білості муки і зниження її середньозваженої зольності і вмісту клітковини.

Дослідженням даного напрямку вдосконалення технології переробки зерна широко займалися і займаються західні вчені – Dexter J.E., McGee B.C., Wood, Sing N., Bakshi M.S., Appadoo S., Mousia Z. Mousia Z., Edherly S., Pandiella S.S., Webb C. стверджують про покращення якості муки і підвищення її виходу, зокрема вказується на зниження зольності на (0,01-0,03) %, збільшення вмісту білка на 0,2 %, покращення деяких хлібопекарських властивостей [12]. Laca A., Pandiella S., Diaz M., Webb C. вказують на необхідність інтенсивної очистки поверхні зерна при його підготовці з метою покращення якості готової продукції і її зберігання [11]. Evers A., McMaster G. встановили, що хоча і зольність муки з нелущеного і лущеного зерна практично однакова, але у муці з лущеного зерна в 1,3-1,5 рази більше вміст білка [4].

Фридрих Р., Обучовски В., Стрибе К. досліджували зміни санітарно-гігієнічних показників сировини у процесі її підготовки до переробки [10,13]. Встановили, що використання сучасних технологій дозволяє суттєво знизити забруднення зерна мікроорганізмами, мікотоксинами, важкими металами і брудом. Одним із найважливіших етапів, який впливає на всі дані показники, є очистка поверхні зерна. Лушення зерна на етапі його підготовки забезпечує інтенсивну очистку.

Результатом досліджень стало впровадження широкого використання лушення перед помелом при переробці зерна жита внаслідок його суттєвих відмінностей в структурно-механічних і технологічних властивостях. У зерні жита в порівнянні з пшеницею значно більша кількість оболонки – (18-25) %, вони більш пластичні і легше знімаються при агресивніших умовах обробки [7,8]. Підвищення зольності муки при попередньому лушенні зерна пшениці [5], що було встановлено деякими вченими, для жита зовсім не актуально так, як основним попитом у хлібопекарському виробництві користується обдирна житня мука, для якої характерна висока зольність.

Це підвищення зольності муки при використанні попереднього лушення пояснюється тим, що в результаті лушення зменшується товщина оболонки, знижується їх міцність і відбувається деформація клітин алейронового шару, внаслідок чого при традиційних методах підготовки і розмелу зерна підвищується подрібнюваність оболонки, що ускладнює процес вимелу і погіршується товарний вид муки. Але прогнозується, що обґрунтовані зміни в структурі та технології процесу переробки зерна дадуть можливість уникнути даних ускладнень і підвищити вихід і якість муки.

Метою даної роботи було визначення впливу лушення зерна на деякі технологічні і санітарно-гігієнічні показники при сортових помелах пшениці. Досліджувались зміни зольності зерна пшениці, його мікробіологічна забрудненість і вміст важких металів, режими роботи крупоутворювальних систем.

Предметом дослідження були зразки зерна пшениці II типу, вирощеного в Одеській області у 2009 році. Зерно мало такі показники якості: початкова вологість 11,4 %; натура 798 г/л; скловидність 56 %; маса 1000 зерен 38 г; зольність 1,30 %. Зерно було достатньо крупне і засміченість зерна не перевищувала допустимі норми.

Згідно з Правилами [9], зерно перед помелом піддавалось кондиціонуванню холодним способом. Наважка зерна зволожувалася водою до 15,5 %, відволожувалася у спеціальній герметичній ємності 12 год., потім проводилося короточасне кондиціонування протягом (15-30) хв. з приростом вологості 0,5 %, після чого зерно одразу направлялося на луцильну систему.

Лушення зерна проводилося на луцильній установці, що має такі технічні характеристики: діаметр отворів сита $D=1$ мм; зернистість абразивної поверхні 50 %; потужність електродвигуна $W=1$ кВт. Визначення зольності проводилось за стандартним методом. Досліди проводились на кафедрі технології переробки зерна ОНАХТ.

На першому етапі досліджувався вплив лушення на зміну санітарно-гігієнічних показників зерна. Оскільки процес лушення передбачає видалення частини оболонки перед розмелом зерна, при цьому

суттєво зменшується кількість мікроорганізмів і забрудненість на поверхні зерна важкими металами, що особливо актуально для екологічно забруднених районів України внаслідок Чорнобильської аварії.

Дослідження лушення зерна до різних ступенів і визначення кількості мікроорганізмів у отриманих зразках вказали на покращення якості зерна. Так у вихідному зерні МАФAM дорівнювало $120 \cdot 10^4$ КОЕ/г, а вже при 3 % лушення вміст мікроорганізмів зменшився в 3 рази і дорівнював $40 \cdot 10^4$ КОЕ/г. В свою чергу лушення до 5 % і 7 % зменшило МАФAM до $10 \cdot 10^4$ КОЕ/г і $2,8 \cdot 10^4$ КОЕ/г, відповідно, що в 12 і 40 разів менше в порівнянні з вихідним зерном.

Інтенсивна очистка поверхні зерна вказала на зменшення вмісту алюмінію, свинцю, цинку і ртуті на (60-80) %. Вміст свинцю зменшився з 0,47 мг/кг до 0,12 мг/кг при 5 % лушення, а цинку при відповідному ступені лушення з 17,9 мг/кг до 7,5 мг/кг. Зменшення вмісту кадмію майже не спостерігалось, оскільки його основна частина міститься в середині зернівки. Це підтверджується в роботах інших дослідників [8].

Таким чином, нами встановлено, що використання лушення зерна в процесі його підготовки до помелу сприяє покращенню санітарно-гігієнічних показників як сировини, так і готової продукції.

На другому етапі досліджувався вплив лушення на зміну зольності зерна. Як відомо, наявність оболонок в муці суттєво впливає на якість готової продукції. Також оболонки є частинами зернівки, що визначають її зольність [8]. Тому зняття їх перед здрібненням може суттєво вплинути на якість муки.

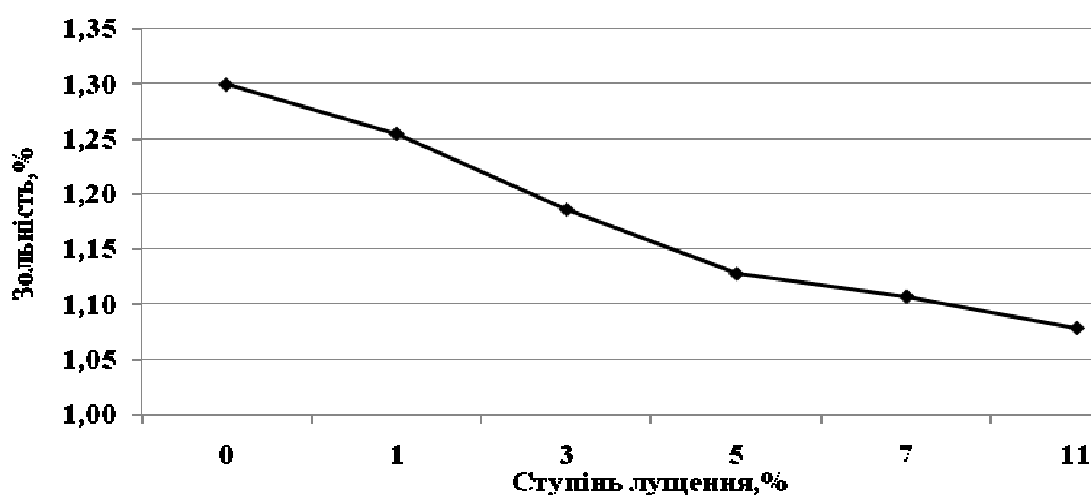


Рис. 1 – Вплив лушення на зольність зерна

З рис. 1 видно, що зменшення зольності зерна відбувається поступово відповідно до ступеня зняття оболонок. При лушенні зерна до 3 % знімаються верхні шари, а саме плодові оболонки, зольність яких біля 2,8 %, тому спостерігалось зменшення зольності зерна до 1,19 % відповідно. Лушення до 5 % призводить до часткового зняття насінневих оболонок, зольність яких сягає 10 %, це підвищує інтенсивність зниження до 1,13 %. При збільшенні ступеня лушення зерна до 11 % спостерігалось незначне поступове зниження зольності до 1,08 %, це пояснюється поступовим зняттям верхніх шарів оболонок зерна до високозольного алейронового шару [4]. Враховуючи анатомічну будову та значення зольності окремих частин зернівки, а також нерівномірність зняття оболонок передбачалось більш інтенсивне зниження зольності після 5 %. Очікувалось можливе видалення високозольної частини оболонок, але вплив алейронового шару виявився меншим ніж передбачалось.

Таким чином встановлено, що використання лушення зерна перед помелом дозволяє знизити його зольність на (0,2-0,3) %. У свою чергу видалення частини оболонок зменшує можливість їхнього потрапляння до готової продукції.

На третьому етапі були проведені дослідження впливу лушення зерна на процес крупоутворення при сортових помелах пшениці. Кількість і якість проміжних продуктів при сортових помелах – один з найважливіших показників, а видалення частини оболонок в процесі лушення суттєво змінює структурно-механічні властивості зерна.

Перед першою драною системою зерно обробляли на лушильній системі зі зняттям оболонок у межах 0 %, 1 %, 3 %, 5 %, 7 %, 9 %. Дослідження такого широкого діапазону пов'язане з неоднотайністю в судженнях як вітчизняних, так і закордонних вчених, які приводять різні дані щодо оптимальних режимів роботи лушильної системи.

Розмел зерна пшениці проводився на лабораторній здрібнювальній установці «Nagema». Використовувалася тільки драна частина верстата, що має такі технічні характеристики: кількість рифлів R= 6; ко-

лова швидкість вальців $V = 6$ м/с; нахил рифлів $H = 6$ %; довжина вальців $L = 150$ мм; діаметр вальців $D = 220$ мм. Зазор на вальцьовому верстаті встановлювали однаковими для всіх дослідних помелів: на I др. с. – 0,9 мм; II др. с. – 0,5 мм; III др. с. – 0,35 мм, це дало змогу дослідити можливість впливу ступеня лушення зерна на режими роботи різних крупотворювальних систем.

Просіювання продуктів розмелу зерна проводилося на лабораторному розсійнику з такими технічними характеристиками: амплітуда коливань $A = 100$ мм; частота коливань $N = 150$ об/хв.; потужність електродвигуна $W = 1$ кВт.

Таблиця 1 – Вихід проміжних продуктів і муки з I-III др. с., % до лушеного зерна

Продукти	Ступінь лушення					
	0	1	3	5	7	9
Крупна крупка	28,5	30,1	34,7	34,9	36,9	36,8
Середня крупка	19,7	18,4	21,2	20,5	21,8	21,3
Дрібна крупка	12,9	11,9	12,6	12,8	12,1	12,6
Дунсти	8,5	9,3	8,2	8,1	8,0	7,9
Мука	12,2	11,8	11,0	11,5	11,5	11,6
Разом	81,7	81,4	87,6	87,8	90,3	90,1

З табл. 1 видно різке збільшення виходу крупної крупки при лушенні до 3 % від 28,5 % до 34,7 %. Подальше лушення до 9 % давало незначне поступове збільшення даної фракції до 36,8 %. При ступені лушення 3 % відбувалось незначне збільшення виходу середньої крупки від 19,7 % до 21,8 %. У свою чергу вихід дрібної крупки, дунстів і муки майже не змінювався при різних ступенях лушення. Тому лушення до 2-3 % можна вважати оптимальним, його можна здійснювати навіть за допомогою оббивних машин з абразивною поверхнею. Подальше лушення є технологічно не виправданим через незначне збільшення виходу з суттєвим збільшенням енерговитрат на процес лушення і необхідність використання спеціального дорогого обладнання.

Висновки

1) Встановлено зменшення мікробіологічного забруднення в 3 рази при 3 % і видалення частин зернівки з високим вмістом важких металів відповідно зменшення їхнього вмісту в 3-4 рази.

2) Зменшення зольності зерна при лушенні до 3 % на (0,2-0,3) %, що може покращити якість готової продукції за приведеним показником. Але зміни показників можуть коливатися для різних типів зерна і регіонів його вирощування.

3) Збільшення виходу крупної крупки на 6 % вказує що оптимальними є 2-3 % зняття оболонки при відносно не високих енерговитратах на процес лушення.

За приведеними даними можна прогнозувати збільшення виходу готової продукції і покращення її якості.

Література

1. Верещинский А.П. Шелушение пшеницы в технологии сортовых помолов [Текст] / А.П. Верещинский // Хранение и переработка зерна. – 2008. – №9. – с. 52-55.
2. Дударев И.Р. Переработка пшеницы в муку с предварительным отделением оболочек [Текст] / И.Р. Дударев, И.В. Настагунин, И.К. Кравченко, Л.И. Котляр // Сб.: Хранение и переработка зерна. – М.: ЦНИИЭИ Минзага СССР, 1970. – с.75.
3. Гиршсон В.Я. Экспериментальные исследования процессов технологии зерна [Текст] / В.Я. Гиршсон – М.: Заготиздат, 1949. – 259 с.
4. Эверс А. Определение зольности - полезный стандарт или пустая трата времени? [Текст] / А. Эверс, М. Келфкенс, Г. МакМастер. // Хранение и переработка зерна. – 2003. – №9. – с. 40-46.
5. Киселева А.В. К вопросу отделения оболочек зерна перед его измельчением [Текст] / А.В. Киселева, И.Е. Борисенко // Вестник технической и экономической информации. – М.: ЦНИТИ Госкомзага СССР. – 1963.- №3. – С. 31-33.
6. Куприц Я.Н. Физико-химические свойства зерна [Текст] / Я.Н. Куприц – М.: Заготиздат, 1946. – С. 27-47.
7. Любарский Л.Н. Отчет о научно-исследовательской работе МТИПП: Разработка оптимальных условий для отделения оболочек у ржи гидротермическим методом до размолу [Текст] / Л.Н. Любарский – М., 1948. – 75 с.

8. Мерко И.Т. Технология мукомольного и крупяного производства [Текст] / И.Т. Мерко – М.: Агропромиздат, 1985. – 506 с.
9. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах [Текст] : затверджено і введено наказом №83 від 20 березня 1998 р. / Київський інститут хлібопродуктів та Державна акціонерна компанія "Хліб України"; розробники: Г.Д. Крошко, В.І. Левченко, Л.П. Нікітчук, В.А. Стрій (науковий керівник), Л.Д. Щабельська. – К.: Віпол, 1998. – 145 с.
10. Фридрих Р.Снижение содержания вредных веществ в процессе зерноочистки [Текст] / Р. Фридрих // Хлебопродукты. - 2002. - №7 – С. 16-18.
11. Mousia Z. Effect of wheat pearling on flour quality [Text] / Z. Mousia, S. Edherly, S.S Pandiella, C. Webb // Food research internationale. – 2004. – v.37. – №5. – P.449-459.
12. Laca, A. Distribution of microbial contamination within cereal grains [Text] / A. Laca, S. Pandiella, M. Diaz, C. Webb // Journal of Food engineering. – 2006. – v.72. – №4. – P.332-338.
13. Obuchowski W. The effect of grain cleaning and milling in some Polish mills on the level of grain and flour microbial contamination [Electronic resource] / W. Obuchowski, K. Strybe // Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology, Volume 4, Issue 1, 2001: Proceedings. – Mode of access: <http://www.ejpau.media.pl/volume4/issue1/food/art-02.html>.

УДК 664.641.016

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Моргун В.А., д-р техн. наук, профессор, Волошенко О.С., канд., техн. наук, ассистент,
Москвина Н.З., аспирант

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Проведен сравнительный анализ химического состава и биохимических свойств муки пшеничной высшего сорта и нутовой муки. Изучена их пищевая и биологическая ценность. Предложен рецептурный состав мучных композиционных смесей.

Comparative analysis of chemical composition and biochemical properties of wheat flours is conducted. The food value of different types of flour is studied. Compounding composition of flour mixtures is offered.

Ключевые слова: мука пшеничная, нутовая, смеси, хлебопекарные свойства, пищевая ценность.

Ежедневное потребление хлеба населением позволяет считать его главным продуктом, пищевая ценность которого имеет первостепенное значение. Традиционно большая часть населения употребляет хлеб, выпеченный из сортовой муки. На отечественных мукомольных заводах мука пшеничная высшего сорта занимает первое место по объемам производства и широко используется при производстве хлеба и хлебобулочных изделий. Являясь продуктом повседневного питания населения, она обладает низкой биологической ценностью, и соответственно, содержание витаминов и микроэлементов в хлебобулочных изделиях, произведенных из муки высоких сортов, недостаточно. Поэтому на сегодняшний день необходима оптимизация химического состава мучных смесей, используемых для приготовления хлеба, что позволит создать хлебобулочные изделия нового поколения.

Достигается это за счет использования различных видов традиционного и нетрадиционного для хлебопечения сырья, позволяющих целенаправленно изменять питательную и энергетическую ценность для каждого конкретного вида изделий и придавать им функциональные свойства. Проведенный анализ состава мучных изделий показал, что все они перегружены углеводами и содержат недостаточное количество белка. Среди возможных путей решения этой проблемы центральное и решающее место принадлежит привлечению резерва протеинов растительного происхождения. Среди растительных белков лидирующее положение занимают белки зерна сои и нута [1, 2].

Поэтому цель нашей работы - составление композиционных смесей муки повышенной пищевой ценности.

Объектом нашего исследования являлась технология производства композиционных смесей с нутовой мукой.

Предметом исследований:

мука нутовая и пшеничная хлебопекарная высшего сорта;

композиционные смеси на основе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с мукой из зерна нута.

Исследования проводили, используя образцы муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, полученной в производственных условиях на действующих предприятиях Украины. Муку нутовую получали в лабораторных условиях.

Нутовую муку получали в лабораторных условиях на мельничной установке «Nagema». Технологическая схема переработки зерна нута в муку предусматривала четыре драные и две размольные системы. Общий выход нутовой муки по данной лабораторной схеме составил 92,2 %.

Муку отбирали со всех систем технологического процесса проходом капроновых сит № 23, 25, 27, 29, 32, 35. Т.к. нут имеет округлую форму зерновки со средневзвешенным диаметром (7,7±0,05) мм, его предварительно измельчали в лабораторной дробилке (Ø 5,0 мм).

Баланс лабораторного помола зерна нута приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Баланс лабораторного помола зерна нута на установке «Nagema»

Система	Нагрузка, %	I др.с.	II др.с.	III др.с.	IV др.с.	1 р.с.	2 р.с.	Контроль муки	Мука	Отруби
Дробилка	100,0	66,6						33,4		
I др.с.	66,6		26,0			30,6		10,0		
II др.с.	26,0			9,0		14,4		2,6		
III др.с.	9,0				7,8			1,2		
IV др.с.	7,8							1,6		6,2
1р.с.	45,0						29,1	15,9		
2р.с.	30,0							28,4		1,6
Контроль	93,1						0,9		92,2	
Всего									92,2	7,8

Для исследуемых образцов муки определяли следующие показатели качества: влажность, зольность, белизна, содержание сырой клейковины и ее качество (табл.2).

Таблица 2 – Показатели качества муки

Показатели качества	Вид муки	
	пшеничная	нутовая
Влажность, %	13,4	11,2
Белизна, ед.пр.	59,0	15,4
Зольность, %	0,53	3,53
Клейковина:		
количество, %	35	–
качество, ед.пр. ИДК-5	111	–
Средневзвешенный размер частиц, мкм	82	233

Одним из основных показателей, характеризующих хлебопекарные свойства муки, является количество и качество сырой клейковины. Нутовая мука клейковину не образует. Зольность исследуемой пшеничной муки составляет 0,53 %, что соответствует муке высшего сорта, зольность нутовой муки в 6 раз выше – 3,53 %. Также у нутовой муки по сравнению с пшеничной отмечается низкая белизна за счет желтого цвета эндосперма зерна.

Значительное влияние на свойства теста, и впоследствии, на качество готового хлеба, оказывают содержащиеся в муке углеводы, белки и жиры. Химический состав исследуемых образцов муки приведен в табл.3.

Таблица 3 – Некоторые показатели химического состава исследуемых образцов муки, %

Показатели	Вид муки	
	пшеничная	нутовая
Белки	10,8	18,4
Жиры	1,1	4,2
Углеводы	72,5	53,3
Зола	0,53	3,53

Нутовая мука содержит меньшее количество углеводов по сравнению с пшеничной мукой, а содержание белка в ней на 80 % выше по сравнению с контрольным образцом (мукой пшеничной высшего сорта).

Белки играют важную роль при формировании теста, структура белковых молекул и физико-химические свойства белков определяют свойства теста, влияют на форму и качество готового хлеба. Белки обладают рядом свойств (способность к набуханию, растворимость и денатурация), которые особенно важны для приготовления хлеба. По растворимости белки разделяют на альбумины – растворимые в воде, глобулины – растворимые в солевых растворах, проламины – растворимые в спирте и глютелины – растворимые в слабых щелочах.

Фракционный состав белков приведен в табл.4.

Таблица 4 – Фракционный состав белка исследуемых образцов муки, %

Азот фракций	Вид муки	
	пшеничная	нутовая
Альбумины и глобулины	12,3	30,1
Проламины	41,0	53,2
Глютелины	41,6	6,4
Нерастворимый остаток	5,1	10,3

Белки пшеничной муки представлены в основном проламинами и глютелинами (более 80 %). Глиадин и глютенин в воде нерастворимы и поэтому при отмывании клейковины являются основными ее компонентами. В нутовой муке, по сравнению с пшеничной мукой, наблюдается высокое (в 2,0-2,5 раза больше) содержание водо- и солерастворимых фракций, что повышает степень усвоения белка.

Пищевая ценность белков обусловлена их аминокислотным составом (табл.5).

Таблица 5 – Аминокислотный состав белка исследуемых образцов муки, г/100г белка

Аминокислота	Вид муки	
	пшеничная	нутовая
Валин	4,81	5,29
Изолейцин	5,21	4,25
Лейцин	7,67	7,88
Лизин	2,51	7,17
Метионин + цистин	3,77	2,13
Треонин	2,92	4,35
Триптофан	1,13	0,92
Фенилаланин	8,31	8,56
Сумма незаменимых аминокислот	36,33	40,55

Лимитирующими аминокислотами в муке различных зерновых культур являются лизин, метионин и триптофан.

Нутовая мука является наиболее сбалансированной по лизину, содержание лизина в (2,8-3,0) раза выше по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта.

Изменение рецептурного состава композиционных смесей при введении в их состав нутовой муки приводит к протеканию сложных процессов между полимерами муки, что в свою очередь оказывает влияние на качество готового продукта – хлеба.

Одним из основных показателей, характеризующих хлебопекарные свойства муки, является количество и качество сырой клейковины. Количество клейковины, а также ее качество зависит как от сортовых особенностей зерна, условий его произрастания, так и от крупности муки, режимов тестоведения, вносимых добавок. Количеству и качеству клейковины в муке принадлежит решающее значение в определении структурно-механических свойств теста и хлебопекарных достоинств муки.

Проведенный анализ качества муки из различных зерновых культур показал, что клейковина формируется только в пшеничной муке. Добавление к муке пшеничной нутовой приводит к уменьшению количества сырой клейковины в смеси и незначительному изменению ее качества – укреплению на (5-7) ед приб. ИДК. Содержание клейковины в муке пшеничной высшего сорта (контроль) составляет 35 %, с показателем ИДК 111 ед.

Внесение в рецептуру композиционных смесей нутовой муки в количестве (2-10) % незначительно изменило качество клейковины и снизило содержание сырой клейковины на 5 % при внесении 10 % нутовой муки.

За счет желтой окраски эндосперма зерна нута добавление нутовой муки приводит к снижению показателя «белизна» в исследуемых композиционных смесях на (5-12) ед. Белизна муки пшеничной высшего сорта составляет 59 ед.приб. РЗ-БЛИК.

Водопоглощительная способность (ВПС) муки является одним из показателей, играющих важную роль при замесе теста. Водопоглощительная способность в определенной степени может повлиять на питательные свойства хлеба: при пониженной ВПС будет уменьшаться влажность готового изделия, усвояемость углеводной части такого хлеба будет снижена.

ВПС композиционных смесей с нутовой мукой снижается на (3-4) %, что обуславливается высоким содержанием жира в нуте.

Физические свойства теста при замесе композиционных смесей были изучены на валориграфе. Процесс формирования теста композиционных смесей с нутовой мукой протекал иначе. Отмечено уменьшение времени устойчивости теста на (1,5-2,5) мин. Тесто с добавлением нутовой муки формируется несколько дольше, чем пшеничное. При введении нутовой муки наблюдалось снижение степени разжижения теста на (60-100) VE.

Для установления рекомендуемого состава композиционных смесей была проведена пробная выпечка хлеба.

За контрольный образец была принята мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта. Массовая доля добавок нутовой муки составляла (2, 4, 6, 8, 10) % от массы муки пшеничной хлебопекарной. Пробную выпечку хлеба проводили с учетом водопоглощительной способности композиционной смеси. Результаты пробной выпечки хлеба из мучных смесей приведены в табл.6.

Ухудшения органолептических показателей хлеба не наблюдалось. С увеличением массовой доли нутовой муки корка хлеба и мякиш приобретали золотисто-желтую окраску.

Таблица 6 – Показатели пробной выпечки хлеба из композиционных смесей с мукой из зерна нута

Показатели качества	Контрольный образец (мука высшего сорта)	Массовая доля нутовой муки, %				
		2	4	6	8	10
Масса остывшего хлеба, г	131,9	132,1	132,6	131,6	133,6	135,4
Объемный выход хлеба, см ³	490	480	485	470	450	370
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,7	3,6	3,7	3,6	3,4	2,7
Пористость, %	81	81	80	77	77	75
Влажность, %	43,0	42,3	42,0	41,0	41,2	41,4

При добавлении муки нутовой к муке пшеничной высшего сорта в количестве до (6-8) % отмечено незначительное снижение удельного объема хлеба на (8-10) %.

Хлеб, выпеченный из композиционной смеси, содержащей 10% нутовой муки, имел худшие показатели качества хлеба по сравнению с контрольным образцом. Пористость хлеба из композиционных смесей с нутовой мукой изменялась в пределах (75-81) % соответственно.

Выводы

1) Обоснована целесообразность и возможность повышения пищевой ценности муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и расширения ассортимента продукции, вырабатываемой на мукомольных заводах, за счет составления мучных композиционных смесей с нутовой мукой.

2) Установлено влияние массовой доли компонентов на хлебопекарные свойства смеси. Нутовая мука в составе двухкомпонентных композиционных смесей без ухудшения их качества может быть использована в количестве до (6-8) %.

Литература

1. Крючков Е.И.; Крючкова Т.Е. Использование нутовой муки при выпечке пшеничного хлеба /: Использование инновационных технологий для решения проблем АПК в современных условиях / Волгогр. гос. с.-х. акад., 2009; т.1. – С. 418-422
2. Карпова Л.И.; Садыгова М.К. Оптимизация количества нутовой муки в рецептуре хлебобулочных изделий / Вавиловские чтения – 2009 / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова, 2009; ч.2. – С. 448

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ВЫХОД КРУПОДУНСТОВЫХ ПРОДУКТОВ И МУКИ В ДРАНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЕ ЭТАПА КРУПООБРАЗОВАНИЯ

Моргун В.А., д-р техн. наук, проф., **Жигунов Д.А.**, канд. техн. наук, доцент,
Давыдов Р.С., ассистент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье рассмотрены различные варианты структуры процесса крупобразования: при интенсифицированном режиме первой драной системы, с предварительным шелушением, с двойным измельчением, с использованием преддраной системы. Проведен анализ влияния структуры этапа крупобразования, даны рекомендации относительно выхода промежуточных продуктов.

In the article different variants of grinding process structure on break systems are resulted: with intensification of break release on 1st break system, with debranning of grain prior to milling, with eight-roller grinding on the front passages of break system, with pre-break of grain prior to milling. Impact of break grinding process structure is investigated, recommendations for the yield of middlings products are given.

Ключевые слова: крупобразование, режим системы, выход продуктов, крупная крупка, средняя крупка, интенсификация, шелушение, двойное измельчение, преддраная система.

Исследования ученых и специалистов, работа передовых мукомольных предприятий заложили основу построения современной многостадийной технологии переработки зерна в сортовую муку, которая характеризуется поэтапным построением, сложными взаимосвязями этапов и систем.

Для повышения эффективности производства и улучшения количественно-качественных показателей готовой продукции особое значение придается исследованию как отдельных этапов, так и в целом процесса помола. Одним из основных этапов сортового помола пшеницы является процесс крупобразования, от ведения которого зависит количество и качество промежуточных продуктов, обуславливающих выход и качество готовой продукции и энергозатраты на помол.

Большинство современных крупных мукомольных заводов Украины, построенных или реконструируемых в последние 20-30 лет, оснащены комплексным воспроизводимым оборудованием и имеют производительность 500 т/сут (две секции по 250 т/сут). По сравнению с традиционными помолами на отечественном оборудовании такая технология имеет существенные отличия.

На этапе подготовки зерна применяется влаготепловая обработка только методом холодного кондиционирования. Использование высокоэффективного технологического оборудования позволяет повысить степень очистки зерна и уменьшить количество отходов до 2,9 % (2,2 % кормовые и 0,7 % некормовые). В размольном отделении рифленые вальцы применяют только в дражном процессе, в размольном измельчение осуществляют на микрошероховатых вальцах с дополнительной обработкой продуктов первого качества на энтолейторах РЗ-БЭР и деташерах А1-БДГ. Такой подход и применение в отсевах сит для сортирования муки, начиная с сита № 55 (132 мкм), позволяет выпускать высококачественную готовую продукцию.

Этап первичного измельчения зерна (крупобразование) также отличается по структуре, технической характеристике и режимам систем измельчения от традиционных помолов. Он состоит из трех дражных и двух сортировочных систем. На дражных системах из продуктов измельчения самостоятельно выделяют крупную, среднюю крупки (на третьей дражной – только среднюю) и муку, а мелкие промежуточные продукты направляют на сортировочные системы. Третья дражная система разделена на крупную и мелкую для улучшения эффективности измельчения. Такое построение данного этапа позволяет отобрать до 80-82 % продуктов измельчения первого качества, что гарантирует выход муки высоких сортов до 75 %.

Анализ технической характеристики систем измельчения (табл.1), также показывает различия между помолами на комплектном и традиционном оборудовании. В Правилах 1958 г. на всех системах крупобразования было регламентировано взаиморасположение рифлей «острие по острию». Лишь на первой дражной системе при помоле пшеницы стекловидностью свыше 60 % допускалось устанавливать «спинка по спинке», а при помоле пшеницы средней стекловидности – «острие по спинке». В 1967 году на I дражной системе взаиморасположение рифлей «спинка по спинке» регламентировано при помоле зерна средней и высокой стекловидности, на всех остальных системах (а при помоле низкостекловидного зерна – и на I дражной системе), регламентировано взаиморасположение рифлей «острие по острию».

С 1977 года на всех системах крупнообразования регламентировано взаиморасположение «спинка по спинке», что позволило повысить общее извлечение на первой драной системе до 25 % с сохранением качества промежуточных продуктов. Закупка швейцарской технологии сортовых помолов и распространение вальцовых станков А1-БЗН привело к увеличению общего извлечения на первой драной системе до (25-35) % в соответствии с рекомендациями специалистов фирмы «Бюллер».

Таблица 1 – Режимы систем и общий выход продуктов крупнообразования, регламентированные в Правилах организации и ведения технологического процесса, %

Год издания Правил	Количество систем		Системы				Общий выход продуктов		
	первого качества	второго качества	первого качества			второго качества	первого качества	второго качества	всего
			I др.с.	II др.с.	III др.с.				
1958	3	1	8-15	45-55	40-50	30-40	67-72	9-10,5	77,5-81,0
1967	3	1	8-18	45-55	40-50	30-40	67-72	9-10,5	77,5-81,0
1977	3	1	10-25	45-55	40-50	—	77	н/д	н/д
1991	3	—	25-35	50-60	35-45	—	78-80	—	78-80
1998	3	—	25-35	50-60	35-45	—	78-80	—	78-80

Таким образом, развитие технологии мукомольных заводов в последние 50 лет идет в направлении интенсификации и оптимизации драного процесса с целью его сокращения при сохранении качества получаемых продуктов измельчения. Главным образом, это проявляется в увеличении общего извлечения на первой драной системе до максимального, технически возможного значения, ограниченного лишь уровнем изготовления технологического оборудования, применяемыми материалами и физическими возможностями зерна.

Проведенными нами исследованиями [1] установлено, что дальнейшее понижение режима работы первой драной системы до (35-40) % является целесообразным, т.к. позволяет увеличить выход крупной крупки на (2-3) %, уменьшить зольность продуктов крупнообразования на (0,05-0,06) %, сократить энергозатраты на предварительное измельчение на (0,25-0,30) кВт·ч/т и уменьшить оборачиваемость продуктов на драных системах в (1,05-1,1) раза. Апробация результатов на действующем предприятии подтвердила техническую возможность и технологическую эффективность интенсификации режимов первой драной системы, что не требует существенных изменений в технологической схеме размольного отделения.

Изменение режима первой драной системы приводит к изменению выхода промежуточных продуктов (табл.2): к увеличению выхода на I драной системе крупной крупки на (3-4) %, средней – на (2-3) %, и к сокращению выхода крупной и средней крупки на II драной системе – по (1-2) % каждой. Это, в свою очередь, приводит к перераспределению нагрузки на ситовые машины (B1, B2, B3, B4), обогащающие крупную и среднюю крупки первой и второй драных систем, что необходимо учитывать, и в случае перегрузки технологического оборудования необходимо изменить сита в рабочих отсевах I и II драных систем. Так, на I драной системе для крупной крупки возможно установить сита 1,0/067, для средней – 067/045.

Таблица 2 – Ориентировочный выход круподуновых продуктов и муки в драном процессе с использованием интенсифицированных режимов, %

Система	Крупки				Дунсты	Всего крупок и дунстов	Мука	Общее извлечение
	крупная	средняя	мелкая	всего				
I др.с	11-13	11-13	4-6	25-30	4-5	29-30	6-8	35-40
II др.с	8-10	10-12	4-5	20-24	4-5	25-29	4-5	28-33
III др.с	—	2-4	3-4	5-7	3-5	8-10	3-4	10-12
Всего	20-22	23-25	11-13	55-59	12-13	67-70	12-14	80-82

Применение интенсификации режимов работы систем крупнообразования хотя и позволяет повысить эффективность этого этапа, однако существенно изменить количественно-качественный состав промежуточных продуктов, а также энергозатраты на помол, используя «классическую» структуру, не представляется возможным. Поэтому следующей задачей наших исследований было изучить различные структуры этапа крупнообразования.

Следует отметить, что во второй половине XX века, как в нашей стране, так и за рубежом делались попытки усовершенствования этапа крупнообразования, как за счет интенсификации процесса сортирова-

ния продуктов измельчения путем применения пневмокласификаторов, бичевых машин, вибросепараторов, так и интенсификации процесса измельчения зерна с помощью предварительного шелушения зерна в подготовительном отделении, предварительного и двойного измельчения на этапе крупобразования.

Однако, неблагоприятная экономическая ситуация в Украине в 90-х годах не способствовала внедрению этих методов на отечественных мукомольных предприятиях, так как не были сформулированы методические рекомендации по структуре и ведению технологического процесса сортового помола, не обоснованы режимы систем измельчения, не изучено качество готовой продукции при использовании новых методов подготовки и переработки зерна.

Одним из таких новых способов построения процесса размолла зерна является применение так называемого «двойного измельчения», т.е. последовательного измельчения зернопродуктов на вальцах без промежуточного просеивания [2,3]. Такое измельчение реализуется на восьмивальцовых станках, которые впервые были разработаны и запатентованы швейцарскими и немецкими учеными в 90-х годах. Чаще всего такие станки используют на первых двух драных и первых размольных системах, хотя существуют проекты мукомольных заводов с использованием восьмивальцовых станков практически на всех системах. Двойное измельчение без промежуточного просеивания имеет ряд преимуществ, к которым можно отнести, в первую очередь, экономии производственной площади, что позволяет увеличивать производительность существующих предприятий и снижать строительные расходы при проектировании новых.

Основным недостатком данного способа является увеличение выхода мелких фракций промежуточных продуктов за счет переизмельчения крупной и средней крупки и рост средневзвешенной зольности промежуточных продуктов с трех драных систем на (0,04-0,05) % [4]. При этом режим работы I драной системы на выход промежуточных продуктов влияния практически не оказывает, поэтому для улучшения качества промежуточных продуктов необходимо уменьшать уровень общего извлечения с двух драных систем с (65-70) % (Правила [5]) до (55-60) % (табл.3).

Таблица 3 – Ориентировочный выход круподуновых продуктов и муки в драном процессе с использованием двойного измельчения, %

Система	Крупки				Дунсты	Всего крупок и дунстов	Мука	Общее извлечение
	крупная	средняя	мелкая	всего				
I+II др.с	15-17	17-19	8-10	41-45	6-8	48-53	7-9	55-60
III др.с	—	6-8	5-7	12-14	4-6	18-22	5-7	22-25
Усього	15-17	23-25	14-16	52-56	11-13	65-70	13-15	80-82

Другим способом построения процесса крупобразования, да и всего помола в целом, является применение на этапе подготовки зерна «легкого» шелушения – до (2-3) % и шелушения при жестких режимах (свыше 3%). Данным процессом начали интересоваться еще в 40-е года, как в нашей стране, так и за рубежом. В отечественной практике этот прием нашел распространение при помолах зерна ржи, т.к. зерно ржи более вязкое и плохо поддается измельчению, а шелушение позволяет нарушить его прочность и увеличить интенсивность измельчения. Легкое шелушение осуществляют как на обочных машинах с абразивной обечайкой, так и в специальных шелушильных машинах: А1-ЗШН, «Каскад», VCW5A и др. Современные шелушильные машины можно использовать и для «жесткого» шелушения, что, однако, связано с коренной перестройкой схемы технологического процесса как подготовки, так и размолла зерна. [6].

К положительным сторонам шелушения можно отнести снижение зольности зерна, более эффективную очистку поверхности от пыли и грязи, снижение микробиологической обсемененности, а также содержания тяжелых металлов, что особенно актуально для сегодняшней экологической ситуации. К недостаткам шелушения необходимо отнести малую производительность оборудования, а также существенный прирост энергозатрат на подготовку зерна к помолу.

На основании наших исследований установлено [4], что при измельчении шелушенного зерна (табл.4) существенно увеличивается выход крупной крупки – на (5-6) %, выход средней крупки – на (1-2) %, за счет сокращения выхода мелкой крупки – на (3-4) % и дунстов – на (3-4) %. Выход муки идентичный помолу зерна с классической структурой этапа крупобразования (табл.4).

Таблиця 4 – Ориєнтовочний вихід круподунстових продуктів і муки в драном процесі з використанням попереднього шелушення зерна, %

Система	Крупки				Дунсти	Всього крупок і дунстов	Мука	Общее извлечение
	крупная	средняя	мелкая	всего				
I др.с	14-16	11-13	4-6	28-32	3-4	31-35	4-6	35-40
II др.с	12-14	11-13	3-4	23-27	3-4	30-33	3-4	30-35
III др.с	—	2-4	3-4	5-7	3-5	8-10	3-4	10-12
Усього	26-28	23-25	11-13	55-59	12-13	67-70	12-14	80-82

В отечественной практике также известен способ построения сортового помола с использованием предварительного разрушения (измельчения) зерна на плющильной (преддраной) системе [7]. Он также как и предварительное шелушение нашел свое применение в первую очередь при помолах ржи, хотя и использовался на некоторых мукомольных заводах при сокращенных помолах. Его применение обосновано тем, что, как показано у Ястребова П.П. [7], так и подтверждено в результате наших исследований [8], наибольшие энергозатраты при измельчении пшеницы на I драной системе идут на преодоление пластических деформаций. При небольших значениях общего извлечения (10-15) % удельные энергозатраты составляют около (2-2,5) кВт·ч/т, в то время как при увеличении общего извлечения в (3-4) раза до (40-45) % энергозатраты возрастают только в (2-2,5) раза.

Применение предварительного измельчения позволяет снизить удельную нагрузку на валцы первой драной системы, что повышает их срок службы и эксплуатации; стабилизировать нагрузку на последующие системы, снизить зольность промежуточных продуктов на (0,03-0,04) %, что позволяет улучшить качество получаемой готовой продукции, особенно это актуально для схем технологического процесса с сокращенным помолом.

В качестве преддраной системы на производстве могут использоваться либо специальные плющильные машины, либо восьмивальцовые станки, у которых верхняя пара работает в режиме (1-3) % общего извлечения при соотношении скоростей валцов 1-1,25 [9].

Ориєнтовочний вихід круподунстових продуктів і муки в драном процесі з використанням преддраної системи не приводиться, так як суттєвих змін по порівнянню з класическою структурою не відбувається.

Предложенные вышеприведенные рекомендации можно использовать при проектировании количественных балансов помолов, что даст возможность рассчитать удельные нагрузки и количество оборудования при реконструкции существующих предприятий, а также при строительстве новых с использованием различных вариантов построения этапа крупобразования.

Литература

1. Моргун, В.О. Залежність якості муки від режимів роботи систем крупотворення [Текст] / В.О. Моргун, Є.І. Шутенко, Р.С. Давидов // *Зернові продукти і комбікорми*. – 2009. – №1. – С.25-26.
2. Маралов, А. Эффективность новой технологии [Текст] / А. Маралов // *Хранение и переработка зерна*. – 2001. – №10. – С.26-28.
3. Панкратов Г. Измельчение зерна в восьмивальцовых станках [Текст] / Г. Панкратов // *Хранение и переработка зерна*. – 2000. – №10 – С.16-17.
4. Моргун, В.А. Сравнительный анализ некоторых структур процесса крупобразования [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, Р.С. Давыдов // *Хранение и переработка зерна*. – 2010. – №12. – С.29-33.
5. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах [Текст] : затверджено і введено наказом №83 від 20 березня 1998 р. / Київський інститут хлібопродуктів та Державна акціонерна компанія "Хліб України"; розробники: Г.Д. Крошко, В.І. Левченко, Л.П. Нікітчук, В.А. Стрій (науковий керівник), Л.Д. Щабельська. – К.: Віпол, 1998. – 145с.
6. Верещинский, А.П. Шелушение пшеницы в технологии сортовых помолов [Текст] / А.П. Верещинский // *Хранение и переработка зерна*. – 2008. – №9. – С.52-55.
7. Ястребов, П.П. Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур [Текст]. / П.П. Ястребов. – М.: Колос, 1973. – 311с.
8. Жигунов, Д.А. Энергетическая характеристика процесса первичного измельчения зерна [Текст] / Д.А. Жигунов, Р.С. Давыдов // *Food science, engineering and technologies*. – 2008. – 24-25 October, Plovdiv. – P.107-111.
9. Dexter, J.E. The effects of prebreak conditions on the milling performance of some Canadian wheats / J.E. Dexter, D.G.Martin // *Journal of Cereal Science*. – 1986. – v.4. – №4. – P.157-169.

ГЕНЕТИЧЕСКИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ ПРИЗНАКОВ ПЛЕНЧАТОСТИ И СТРУКТУРЫ ЭНДОСПЕРМА ЯЧМЕНЯ НА СОДЕРЖАНИЕ β -ГЛЮКАНОВ

**Топораш И.Г., канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Аксельруд Д.В., науч. сотрудник,
Киселев Ю.В., аспирант
Селекционно-генетический институт, г. Одесса**

В статье изложены результаты изучения взаимосвязи содержания β -глюканов с признаками пленчатости и консистенции эндосперма (обычный и восковидный) в сортах и линиях ячменя коллекции СГИ. Установлено, что максимальное содержание β -глюканов присуще линиям ячменя имеющим признаки голозерности и вакси.

The article presents the results of study of the relationship β -glucan content of the signs and filmy texture of endosperm (normal and waxy) varieties and lines in the barley collection of GIS. It is established that the maximum content of β -glucan barley lines have inherent features of hull-less and Waxy.

Ключевые слова: голозерный ячмень, вакси, пленчатость, β -глюканы, эндосперм, селекция, гликемический индекс.

В последние годы много зарубежных исследований связано с изучением продуктов из ячменя и их влиянием на организм человека, в связи с этим установлено их положительное влияние на три важнейших физиолого-биохимических процесса: метаболизм липидов, гликемический контроль и здоровье кишечника.

С 2006 года Управление продовольствия и лекарственных средств США (Food&Drug Administration) официально признала продукты, содержащие ячмень, таковыми, что уменьшают риск коронарных заболеваний сердца. Согласно правилам, продукция, изготовленная из ячменя, должна содержать не менее 0,75 г β -глюканов на порцию. Правила базируются на требованиях ежедневного потребления не менее 3 г растворимой клетчатки в день. К таким продуктам относятся цельный ячмень, шелушенный ячмень, ячменные отруби, хлопья, мука, крупа, мука грубого помола. В табл. 1 приведено количество общей и растворимой клетчатки, которое должно содержаться в указанных продуктах [1].

Таблица 1 – Минимальное содержание клетчатки по требованиям FDA

Продукт	Содержание общей клетчатки, % на сухое вещество	Содержание растворимой клетчатки, % на сухое вещество
Цельное зерно (голозерное или пленчатое)	10	4
Мука, крупа, хлопья, мука грубого помола	8	4
β -глюканы (обогащенная фракция или отруби)	15	5,5

В нашей стране традиционно выращивают пленчатые сорта ячменя, однако в последние годы возрос интерес к голозерным формам.

Голозерный ячмень является перспективной злаковой культурой, которая особенно интересна для пищевой промышленности по экономическим причинам и положительному влиянию на здоровье человека. По сравнению с другими злаковыми, в зерне ячменя содержится большее количество β -глюканов. Было отмечено, что эти соединения имеют положительное значение для питания и здоровья человека, обладают холестеринпонижающим действием, увеличивают доступность витаминов и неорганических соединений, уменьшают развитие некоторых видов рака [2].

В нескольких экспериментальных работах было продемонстрировано уменьшение содержания сыровоточного холестерина на 3,3 – 20 % благодаря употреблению продуктов из ячменя. Связанные с липидами компоненты ячменя (токоферолы и токотриенолы), выступая в качестве антиоксидантов, также могут быть ответственны за уменьшение содержания сыровоточного холестерина. Пищевые продукты из ячменя имеют низкий гликемический индекс и рекомендуются для питания людей, больных диабетом II типа [3] Сравнение пленчатого и голозерного ячменя показало, что последний обычно содержит больше белка, крахмала и β -глюканов [4]. Разновидности ячменя с восковидным (вакси) эндоспермом также

имеют более высокий уровень β -глюканов по сравнению с ячменем, содержащим обычный крахмал [5, 6]. Данные приведены в табл. 2.

Следует также отметить, высокое содержание β -глюканов играет негативную роль в усвоении питательных веществ при кормлении нежвачных животных из-за образования слизей, затрудняющих пищеварение и процесс ассимиляции питательных веществ из желудочно-кишечного тракта, что сопровождается уменьшением темпов привеса животных [7]. Так же высокое содержание β -глюканов имеет негативный эффект на некоторых стадиях технологических процессов в пивоварении: понижая экстрактивность солода; повышает вязкость суслу, тем самым затрудняя фильтрацию; становится причиной помутнения и выпадения осадка в конечном продукте [8]. В связи с этим важнейшей задачей является определение содержания β -глюканов в ячмене, для определения его технологического назначения.

Таблица 2 – Содержание β -глюканов в различных видах ячменя, % на сухое вещество

Тип ячменя	Цельное зерно	Мука ¹	Отруби ²
Пленчатый (n=4)			
среднее	4,4	4,0	5,1
диапазон	4,2-4,5	3,9-4,0	4,9-5,4
Голозерный (n=4)			
среднее	5,1	4,3	7,1
диапазон	4,5-5,6	3,8-5,0	6,3-8,1
Голозерный вакси (n=4)			
среднее	8,4	6,9	12,3
диапазон	7,6-11,3	6,3-6,9	10,2-15,4

Примечание: ¹ – 70% выход; ² – 30% выход

В зарубежной литературе было отмечено, что в значительной степени уровень содержания β -глюканов детерминирован генетически, и в меньшей мере климатическими условиями. Таким образом изменения соотношения амилозы и амилопектина вызванное действием генов *wax* и *am1* имеет значительный эффект на повышенное содержание β -глюканов. Так же на содержание β -глюканов влияет аллельное состояние генов *Nud/nud* находящихся в хромосоме 1(7H) которые в доминантном состоянии обуславливают признак плёнчатости, а в рецессивном голозерности [9]. Этот признак имеет простое наследование. Эффект повышения содержания β -глюканов связан с относительным повышением содержания β -глюканов в алейроновом слое и эндосперме за счёт удаления оболочек содержащих в основном целлюлозу, лигнин и кремний [10].

В СГИ-НАЦНАИС, г Одесса, на протяжении последних лет ведутся активные работы по выведению сортов голозерного и голозерного-ваксии ячменя с целью передачи в производство сортов ячменя с максимальным содержанием β -глюканов.

Целью работы является изучение взаимосвязи содержания β -глюканов с признаками плёнчатости и консистенции эндосперма (обычный и восковидный) в сортах и линиях ячменя коллекции СГИ.

Материалы и методы. Исследования содержания β -глюканов проводились в сортах и линиях коллекции СГИ-НАЦНАИС, выращенных в одинаковых агротехнических условиях в 2009 году. Образцы были предоставлены Отделом генетических основ селекции и селекции ячменя. Всего было исследовано 90 образцов. Идентификация восковидных линий ячменя проводили по йодной пробе, определение β -глюканов проводилось согласно американской методике АОАС 995.16 (ICC-168) с использованием набора реагентов Megazym (Mixed-Linkage Beta-Glukan).

Принцип определения заключается в измельчении и клейстеризации образца в растворе фосфатного буфера (20 мМ, рН 6,5), с последующей инкубацией при 40°C с очищенным ферментным препаратом лихеназы. Аликвота обработанного экстракта затем подвергалась ферментации с помощью β -глюкозидазы при 40 °С, количество продуцированной с помощью β -глюкозидазы β -D-глюкозы измерялось при помощи цветной реакции хромогена и глюкозооксидазы/пероксидазы. Измерение интенсивности окраски производилось на спектрофотометре КФК при длине волны 510нм. Кроме того, были определены также масса 1000 зерен и содержание белка методом инфракрасной спектроскопии.

Результаты исследований представлены в табл. 3.

Из представленных данных видно, максимальное содержание β -глюканов обнаружено у голозерного ячменя с восковидным эндоспермом, минимальное – у плёнчатого ячменя, содержание β -глюканов в голозерном ячмене с обычным эндоспермом занимает промежуточное положение. Полученные значения подтверждают приведенные выше литературные данные о содержании β -глюканов в плёнчатом, голозерном обычном, голозерном восковидном ячмене.

Таблиця 3 – Содержание β -глюканов, белка и масса 1000 зерен в сортах и линиях ячменя, выращенных в СГИ в 2009 году

Тип ячменя	Содержание β -глюканов, % на абсолютно сухое вещество	Содержание белка, % на абсолютно сухое вещество	Масса 1000 зерен, г
Пленчатый (n=14)			
среднее	4,69	12,5	45,0
диапазон	3,90-5,78	11,2-14,3	40,8-49,1
Голозерный (n=65)			
среднее	4,86	14,36*	37,3*
диапазон	3,90-6,53	11,9-17,4	27,5-51,2
Голозерный восковидный (n=11)			
среднее	7,31*	15,1*	34,8*
диапазон	6,56-8,60	13,8-17,3	30,4-42,1

Примечание: * – различие достоверно по сравнению с плёнчатым при $P \leq 0,05$

Минимальное содержание белка было обнаружено в сортах и линиях пленчатого ячменя, максимальное – у голозерного восковидного ячменя.

В рамках нашей работы было проведено определение содержания β -глюканов в сортах ячменя украинской селекции. Результаты в табл. 4.

Из приведенных данных видно, что различия в содержании β -глюканов довольно значительные, хотя все исследованные сорта являются пленчатыми. Максимальное содержание β -глюканов обнаружили в образце сорта Сталкер – 5,78 %, минимальное – в образце сорта Вакула – 3,93 %. Содержание белка минимальным было у сорта Гетьман, максимальным у сорта Водограй при практически одинаковом содержании у обоих образцов β -глюканов.

Таблиця 4 – Содержание β -глюканов, белка и масса 1000 зерен в сортах пленчатого ячменя, выращенных в СГИ в 2009 году

Сорт ячменя	Содержание β -глюканов, % на абсолютно сухое вещество	Содержание белка, % на абсолютно сухое вещество	Масса 1000 зерен, г
Гетьман	5,18	11,2	41,2
Вакула	3,93	11,3	41,8
Гелиос	4,34	11,5	40,8
Сталкер	5,78	11,6	48,5
Селенит	4,93	11,9	46,9
Казковский	4,74	12,1	41,4
Пивденный	4,62	12,3	47,0
Водограй	5,19	12,5	48,0

Выводы

1. Максимальное содержание β -глюканов присуще линиям ячменя имеющим признаки голозерности и вакси.

2. Среди линий и сортов отечественной селекции присутствуют линии, контрастные по содержанию β -глюканов, и следовательно по функциональному назначению для конечного использования: пивоваренного, кормового, пищевого.

3. В отечественной селекции получены линии голозерного вакси ячменя, которые не уступают по содержанию диетически ценных компонентов - β -глюканов зарубежным аналогам.

Литература

1. Rosemary K.Newman, C.Walter Newman. Barley for food and health. Science // Technology and Products. – 2008. – P.145-146.
2. Nilsen M.S., Jespersen B.M., Engelsen S.B. Cereal β -glucans – from raw material through processing and product development to health effects. 30th Nordic Cereal Congress, Book of Abstracts. Copenhagen, 2009, 29.
3. Behall K.M., Scholfield D.J., Hallfrisch J. Barley β -glucan reduces plasma glucose and insulin responses compared with resistant starch in men. // Nutrition Research. – 2006. – v.26. – 644-650.

4. Bhatti R.S. The potential of hull-less barley // Cereal Chemistry.- v.76. – 1999. – P.589-599.
5. Bhatti R.S. β -glucans content and viscosities of barleys and their roller-milled flour and bran products. // Cereal Chemistry. – v.69. –:1992. – P.469-467.
6. Rudi H., Uhlen A.K., Harstad O.M. et al. Genetic variability in cereal carbohydrate compositions and potentials for improving nutritional value. // Animal Feed Science and Technology. – 2006, 130. – P.55-65.
7. Brown G.D., Gordon S. Immune recognition. A new receptor for beta-glucans. //Nature. – 2001. – 413: p.36–37.
8. Woodward http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TFD-48N5XHk-4-1&_cdi=5224&_user=10&_pii=0144861783900048&_orig=mlkt&_coverDate=12/31/1983&_sk=999969997&_view=c&_wchp=dGLbVlb-zSkzk&_md5=60e5438ec77f31ab33cbad312f5f259b&_ie=/sdarticle.pdf. R., Phillips D. R., Fincher G. B. Water-soluble (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -d-glucans from barley (*Hordeum vulgare*) endosperm. I. Physicochemical properties. // Carbohydrate Polymers. – 1983. – P.143-156.
9. Nilan R.A. The Cytology and Genetic of Barley 1951-1962. Washington State University, Pullman, WA.
10. McGuire C.F., Hockett E.A. Effect of awn length and naked caryopsis on malting quality of 'Betzes' barley. // Cereal Chemistry. – 1981. – P.18-21.

УДК [66.046:6323.85] : 635.44.004

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЯКОСТІ НАСІННЯ МАКУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Овсянникова Л.К., канд. техн. наук, доцент, Євдокимова Г.Й., канд. техн. наук, доцент,
Соколовська О.Г., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Досліджено основні хімічні показники насіння маку при зберіганні протягом року у складі підлогового типу в нерегульованих умовах. Встановлено, що в результаті зберігання відбувається зростання йодного, кислотного та перекисного чисел.

The basic chemical indexes of seed of poppy are explored at storage for a year in composition a floor type in x terms. It is set that as a result of storage takes place growth iodine, acid that peroxide numbers

Ключові слова: насіння маку, зберігання, йодне, кислотне, перекисне числа.

Насіння маку та макова олія є цінною сировиною для хлібопекарської, олійножирової та фармацевтичної промисловості. Макова олія належить до групи висихаючих. Добувають її способом холодного або гарячого пресування. Олія, що добувається холодним пресуванням, може замінити вищі сорти прованської олії; використовується в фармакологічній, харчовій, консервній промисловості, а також для виготовлення кращих сортів олійних фарб, застосовуваних у малярстві. Олія гарячого пресування використовується виключно для технічних потреб, головню для виробництва кращих сортів туалетного мила, лаків, оліфи і різних фармацевтичних емульсій [1].

Олійний мак є високорентабельною культурою, що прекрасно адаптована до природно-кліматичних умов України. Рентабельність вирощування маку в Україні сягає майже 175 % [2-3].

Україна має чудові шанси на міжнародному ринку маку. Сучасними лідерами з виробництва маку є наші сусіди Чехія та Туреччина, а також далекий острів Тасманія, що належить Австралії. Причому, найсерйозніший виробник нашого регіону – Чехія – має поріг рентабельності виробництва у 7 ц/га, що є значно гіршим показником, аніж в Україні. [2-4].

Категорично відмовившись від вирощування маку, Україна зупинила розвиток селекції і насінництва. На щастя, в кінці 90-х рр. ХХ ст. мак повернувся на українські землі. Законодавством України вирощування маку віднесене до ліцензійних форм діяльності. У 1999 році прийнято Закон України "Про обіг в Україні наркотичних засобів, психотропних речовин, їх аналогів і прекурсорів", який дозволив вирощувати мак олійний юридичним особам і дає можливість подолати дефіцит маку, захистити вітчизняного товаровиробника, забезпечити внутрішній ринок цінним харчовим продуктом, а за потреби – підприємства фармацевтичної промисловості сировиною. Згідно з Державною програмою розвитку маківництва в Україні посівні площі маку за останні роки зросли до 6 тис. га. при середній врожайності 10 ц/га. За даними комітету статистики, ліцензію на вирощування маку мають 60 господарств України.

Український уряд затвердив Національну програму протидії зловживанню наркотичними засобами і їх незаконному обороту і доручило Українській академії аграрних наук створити нові, нізконаркотичні сорти маку олійного [4].

Але протягом останніх років НДВАП «Мак України» займалося виведенням нових перспективних сортів низькоморфійного маку, які за своїми властивостями перевищують нині існуючих. Дані сорти занесені в державний реєстр рослин і сортів України: вміст наркотичних речовин не повинен перевищувати 0,15 %. В табл. 1 наведена характеристика низьконаркотичних сортів маку [5].

Таблиця 1 – Характеристика низьконаркотичних сортів маку

Сорт	Урожайність, т/га	Вміст морфіну, %	Олійність, %
Беркут (занесений до реєстру сортів рослин України у 1996)	1,0...1,2	0,07...0,08	48
Кристал (занесений до реєстру сортів рослин України у 2002)	0,8 ...1,0	0,07...0,08	47
Корал (занесений до реєстру сортів рослин України у 2001)	0,9...1,1	0,04...0,06	49
Колорит (занесений до реєстру сортів рослин України у 2001)	1,2...1,4	0,06...0,07	46
Грей (занесений до реєстру сортів рослин України у 2006)	1,2...1,4	0,03...0,05	50
Поділля (занесений до реєстру сортів рослин України у 2006)	1,5...1,7	0,04...0,06	52

За вмістом олії мак поступається тільки кунжуту та ріцині. Усереднений хімічний склад маку наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад насіння маку (на 100 г)

Компоненти	Вміст, г
Білки	17,5
Жири	47,5
Вуглеводи	2,0
Вода	7,8
Ненасичені жирні кислоти	4,6
Моно- та дисахариди	1,1
Крохмаль	13,4
Зола	6,7
Вітаміни, мг	
Е	2,1
РР	2,0
Мікро- та мікроелементи, мг	
Кальцій	1667
Магній	442
Натрій	19
Калій	587
Фосфор	903
Залізо	10
Енергетична цінність, кКал	556

Також в насінні маку є незначна кількість алкалоїдів – морфіну, папаверину, кодеїну.

Жирокислотний склад насіння маку:

Лінолева кислота – (72,2...74,7) %

Олеїнова кислота (11,7...12,9) %

Пальмітинова кислота (6,3...8,8) %

Стеаринова кислота (1,2...2,4) %

Значні труднощі для виробників маку складають дрібні розміри, що ускладнює сівбу, збирання та зберігання насіння, і відсутність спеціалізованої техніки та рекомендацій щодо післязбиральної обробки та зберігання.

Метою роботи є визначення хімічних показників насіння маку при зберіганні.

У процесі зберіганні олійних культур основним видом їхнього псування є процес прогіркання жирів, що супроводжується утворенням альдегідів, кетонів, перекисів, що надають продукту неприємний запах і смак, а також погіршує їхні органолептичні властивості. Основними показниками якості жирів є їхні кислотне, перекисне і йодне числа.

Нами проводилось дослідження показників якості партії насіння маку сорту Беркут, яке зберігали у виробничих умовах на ТОВ «Наталка» Ямпіль ХПП у складі підлогового типу висотою насипу до 1 м протягом 12 місяців.

Насіння маку зберігалось в нерегульованих умовах, тобто при температурі та відносній вологості навколишнього середовища, які за вказаний період були в межах: температура навколишнього середовища (-5...+22) °С, відносна вологість навколишнього середовища (55...86) %.

Контроль за якістю насіння маку у процесі зберіганні здійснювали за основними показниками якості жирів: кислотне число (КЧ, мг КОН/г), перекисне число (ПЧ, моль O₂/кг), йодне число (ІЧ, г I₂ на 100 г жиру).

Визначення кислотного, йодного та перекисного чисел насіння маку при зберіганні та вихідного зразка проводили відповідно ДСТУ [6-8].

Результати досліджень хімічних показників олії насіння маку при зберіганні наведено у табл. 3. Зміни досліджень хімічних показників олії насіння маку залежно від терміну зберіганні представлено на рис.1.

Допустимі значення хімічних показників олії маку [9]:

Кислотне число не більше 6,0 мг КОН/г

Перекисне число не більше 10 O₂/кг

Йодне число, (130...160) I₂/100г

Таблиця 3 – Хімічних показників олії маку

Термін зберіганні, міс	Хімічні показники насіння маку		
	Кислотне число, мг КОН/г	Перекисне число, моль O ₂ /кг	Йодне число, I ₂ /100г
0	3,13	5,09	118
3	3,49	6,04	124
6	3,87	6,89	135
9	4,23	7,97	141
12	4,60	8,92	150

Кислотне число визначає кількість мг КОН, необхідне для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в одному грамі жиру. Кислотне число в значній мірі характеризує якість жирів. Воно вказує на відносний вміст вільних жирних кислот [1, 2, 6]. Наявність значної кількості вільних жирних кислот небажана в харчових та технічних жирах, отже повинно бути невелике кислотне число.

Перекисне число служить показником окисних змін жиру [10–12]. У присутності кисню повітря, жирні кислоти, які входять до складу жирів, можуть частково окислятися та утворювати перекиси, і чим більшим є процес окислювання, тим вищим буде перекисне число.

Йодне число вказує, яка кількість грамів йоду може бути зв'язаною зі 100 грамами жиру. Йодне число – важлива константа, тому що воно характеризує ступінь ненасиченості кислот, які входять до складу даного жиру [10–12]. Високе йодне число вказує на значну кількість ненасичених жирних кислот, що робить олію особливо цінною при використанні її в технічних і харчових цілях. Зберіганні насіння маку супроводжується зміною кислотного, перекисного та йодного чисел.

Для зберіганні насіння олійних культур має значення не тільки вміст сирого жиру, а також жирокислотний склад олії, перш за все вміст ненасичених жирних кислот. Псування макової олії при несприятливих умовах зберіганні починається під впливом ферменту ліпази, яка розщеплює жир на гліцерин і вільні жирні кислоти. Вільні жирні кислоти можуть вступати в реакцію з киснем і далі розщеплюватися, при цьому утворюються проміжні продукти – гідроперекиси, які можуть руйнуватися далі до альдегідів, кетонів та простих жирних кислот. Саме вторинні продукти окислення зумовлюють зниження харчової цінності олії і її псування. Окислювальні процеси протікають в основному в ненасичених жирних кислотах, а жирокислотний склад насіння маку на 90 % складається з ненасичених жирних кислот.

У період зберіганні зерна підвищення кислотності пов'язане з активністю ферментів (фітази, фосфатази), які відщеплюють від органічних сполук фосфорну кислоту. Під дією ліпази відбувається розщеплення жиру на гліцерин і вільні жирні кислоти, що призводить до збільшення кислотного числа жиру.

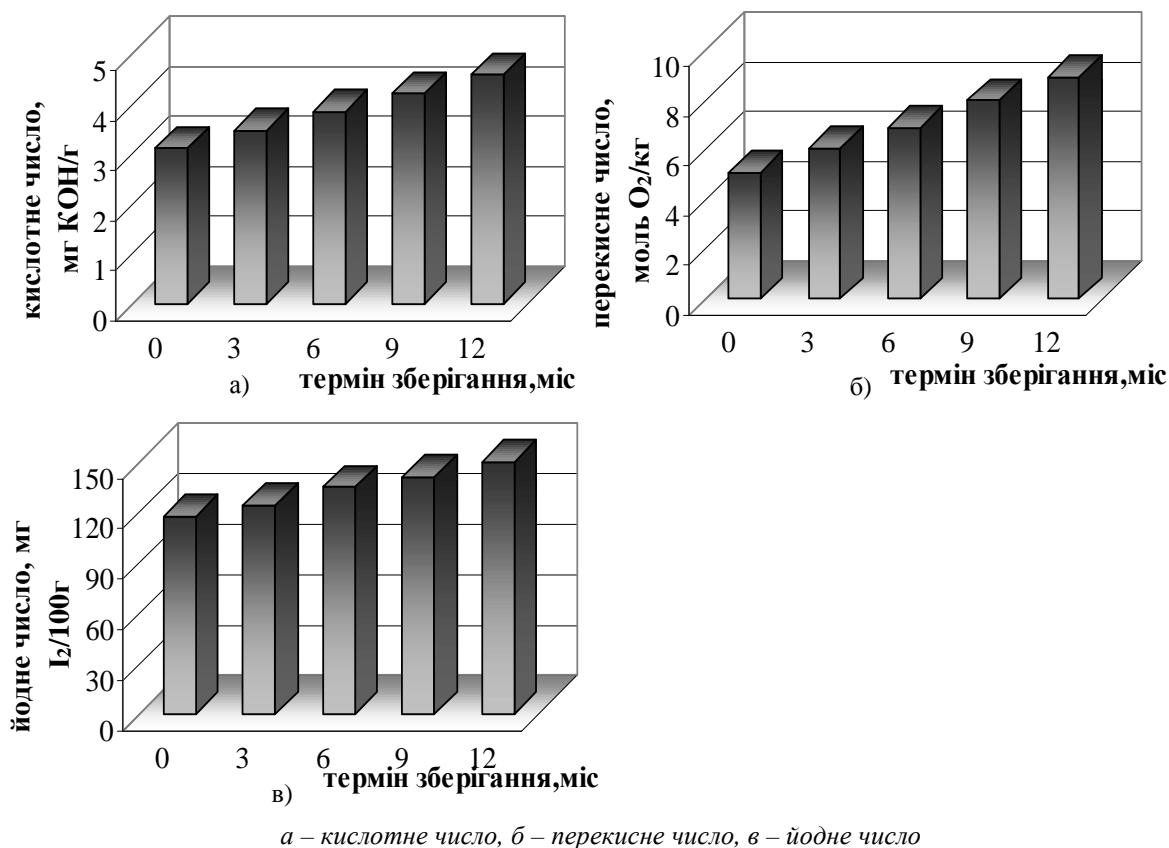


Рис. 1 – Зміна хімічних показників олії насіння маку в залежності від терміну зберігання

Висновки

При зберіганні насіння маку у складі підлогового типу висотою насипу до 1 м протягом 12 місяців в нерегульованих умовах зміна показників якості насіння маку знаходиться в припустимих межах.

Упродовж усього періоду зберігання відбувається зростання кислотного, перекисного та йодного чисел олії насіння маку.

Література

- Мак масличный – прибыль гарантирована / Ю.Носенко // Зерно, № 12. – 2007. – с. 46
- <http://mak-ukraine.com>
- Гайдаш В. Мак олійний: ефективна технологія – запорука врожаю [Електронний ресурс] – режим доступу <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=199&number=6>
- Колосок С. Плантации в белом цвету / Ежедневник 2000 – 2002 №42 [Електронний ресурс] – режим доступу <http://2000.net.ua/2000/derzhava/40907>
- Жаркова Г. Малопоширені олійні культури в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для використання в Україні [Електронний ресурс] – режим доступу <http://www.propozitsiya.com/page=149&itemid=2080&number=65>
- ДСТУ ISO 660:2009. Жири тваринні та рослинні й олії. Метод визначення кислотного числа та кислотності (ISO 660:1996, IDT).
- ДСТУ ISO 3960-2001. Жири і олії тваринні і рослинні. Визначання пероксидного числа (ISO 3960:1998, IDT).
- ДСТУ ISO 3961:2004. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначання йодного числа (ISO 3961:1996, IDT).
- ТУ У15.4-32448339-01:2007. Маковое масло
- Щербаков, В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья [Текст] / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов. – М.: Колос, 2003. – 360 с.
- Нечаев, А.П. Липиды зерна [Текст] / А.П. Нечаев, Ж.Я. Сандлер. – М.: Колос, 1975. – 159 с.
- Тютюнников, Б.Н. Химия жиров [Текст] / Б.Н. Тютюнников. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 447с.

УДК 664.723.047

ВПЛИВ РЕЖИМУ СУШІННЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА НАСІННЕВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Снежкін Ю.Ф., д-р техн. наук, професор, Пазюк В.М., наук. співробітник,
Петрова Ж.О., канд. техн. наук, старший наук. співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Експериментальні дослідження з визначення якості насінневого зерна, показали необхідність його сушіння при температурі теплоносія 50 – 60 °С.

Experimental research of determination the quality of seed corn showed the necessity of drying at a temperature of drying agent 50-60°C.

Ключові слова: сушіння насіння, температура теплоносія, кінетика сушіння, інтенсифікація процесу, якість зерна.

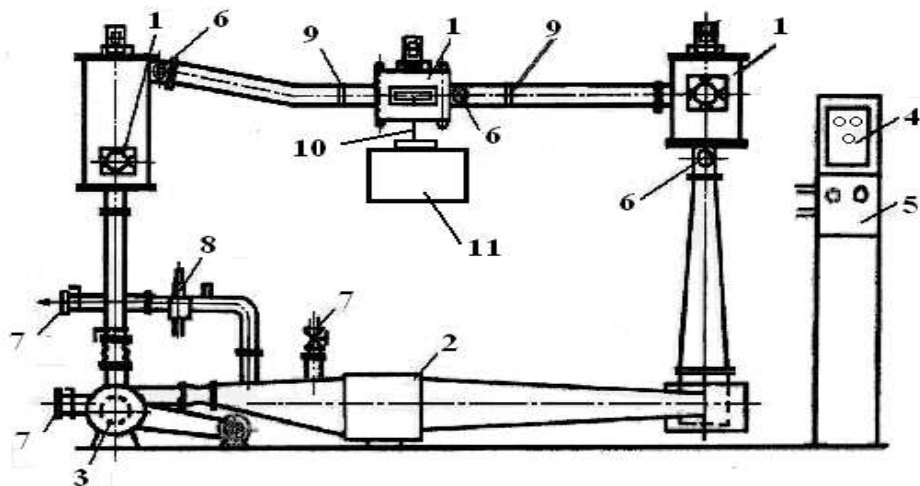
Визначення режимів сушіння насінневого зерна в щільному шарі – це дослідження тонкого «елементарного» шару і потім перехід до товстого шару, який розглядається як сума елементарних шарів. Найбільш точно під елементарним шаром необхідно розуміти шар, товщиною в одне зерно, який безпосередньо контактує з теплоносієм і є найбільш небезпечною ділянкою зернового шару, підігрів і сушка якого відбувається з максимальною (в порівнянні зі всім шаром) швидкістю. Зміна якості зерна при сушінні в шарі будь-якої товщини і при будь-якому стані визначається зміною якості в елементарному шарі.

Крім того, в елементарному шарі найбільш просто забезпечуються умови рівномірного прогрівання зерна, відповідно, для цього шару найбільш достовірно може бути визначена допустима температура теплоносія залежно від якісних показників насіння [1].

Опис експериментальної установки

Експериментальний стенд складається з системи ізольованих повітропроводів з пристроями для теплової обробки і циркуляції теплоносія, сушильних камер, системи контролю і підтримання температури теплоносія, автоматичного збору і обробки інформації про перебіг зневоднення матеріалу [2, 3].

Ділянка теплової підготовки теплоносія (2) складається з трьохсекційного електричного підігрівача потужністю 10 кВт (рис.1). Для точного підтримання заданої температури калорифер підключений до автоматичної системи регулювання, яка складається з електричного регулятора ЕРТ – 4 (4) і термометрів опору ТСМ-50 (6).



1 – сушильна камера; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – регулятор температури;
5 – щит керування; 6 – термометри опору; 7 – патрубки з шиберами; 8 – психрометр;
9 – спеціальні решітки; 10 – штанга терезів; 11 – терези

Рис. 1 – Схема експериментального стенду

Рух теплоносія відбувається за допомогою відцентрового вентилятора (3). Зміна швидкості руху досягається регулюванням частоти обертання лопатей вентилятора (3) з щита керування (5). Співвідношення між відпрацьованим та свіжим повітрям можна регулювати за допомогою шибєрів (7). Експериментальний стенд, обладнаний автоматичною системою збору і обробкою інформації, в яку входить комп'ютер, цифрові терези AD-500, прикладна спеціалізована програма і канал вимірювання температури, який складається з аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) і-7018 і інтерфейсу і-7520.

Методика проведення експерименту

Перед проведенням сушіння зерна визначали початкову вологість вихідного зерна за загальноприйнятою методикою висушуванням до абсолютно сухої маси [4].

Після чого проводили штучне зволоження зернових матеріалів до початкової вологості 20 %.

Після встановлення заданого режиму, підготовлений шар зерна поміщали в сушильну камеру і висушували. Комп'ютерна програма збору та обробки інформації безперервно реєстрували час досліду, температуру теплоносія та зміну маси наважки.

По закінченні кожного дослідження визначили абсолютно суху масу зневодненого матеріалу, що дозволило визначити початковий вологовміст зерна. За допомогою комп'ютерної програми була визначена поточна вологість матеріалу W під час сушіння та розраховані і побудовані криві сушіння та швидкості сушіння: $W = f(\tau)$, $dW/d\tau = f(W)$.

Отримані результати кінетики сушіння різних зернових культур зведені до однієї початкової та кінцевої вологості.

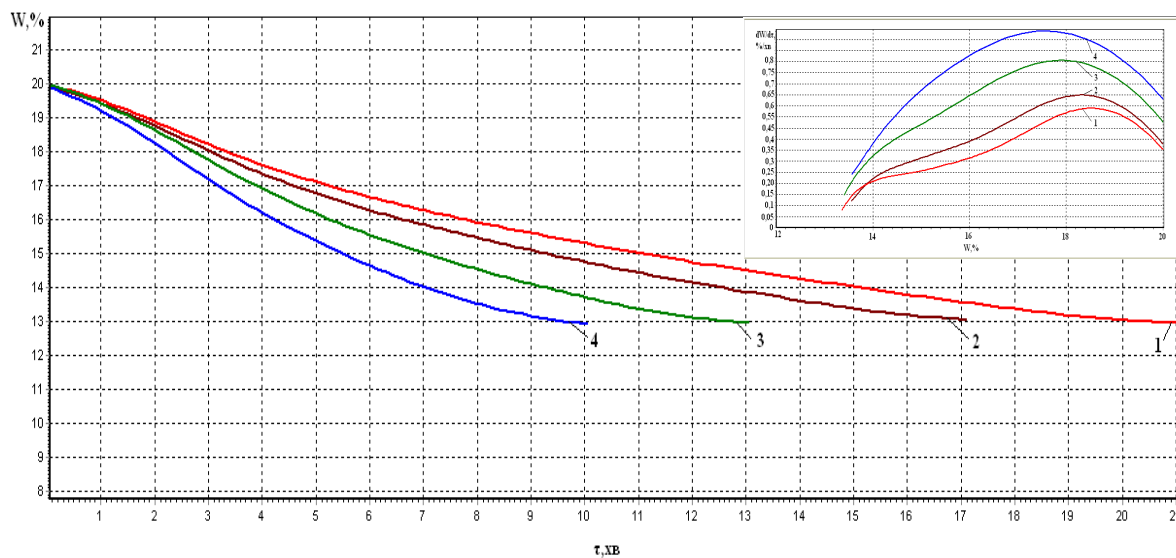
Результати досліджень

Дослідження кінетики сушіння зернових культур на експериментальному стенді відбувалось при таких параметрах теплоносія: температура – 50–80 °С, швидкість 1,5 м/с, вологовміст 10 г/кг с.п. Дослідження проводили в елементарному шарі. За об'єкт досліджень вибрано насіння вівса, пшениці та ячменю.

Отримані результати кінетики сушіння різних зернових культур зведені до однієї початкової 20 % та кінцевої вологості 13 %.

Результати проведених досліджень кінетики сушіння вівса, пшениці та ячменю в елементарному шарі в залежності від вологовмісту повітря представлено на рис.1 – 3.

З наведених на рис.2 даних видно, що при збільшенні температури теплоносія з 50 до 80 °С тривалість процесу сушіння вівса зменшується в 2,1 рази. Процес сушіння відбувається в періоді швидкості сушіння, що знижується з попереднім прогріванням матеріалу до максимальної швидкості сушіння 0,59 та 0,95 %/хв. відповідно для температур теплоносія 50 та 80 °С. Період постійної швидкості сушіння не спостерігали.

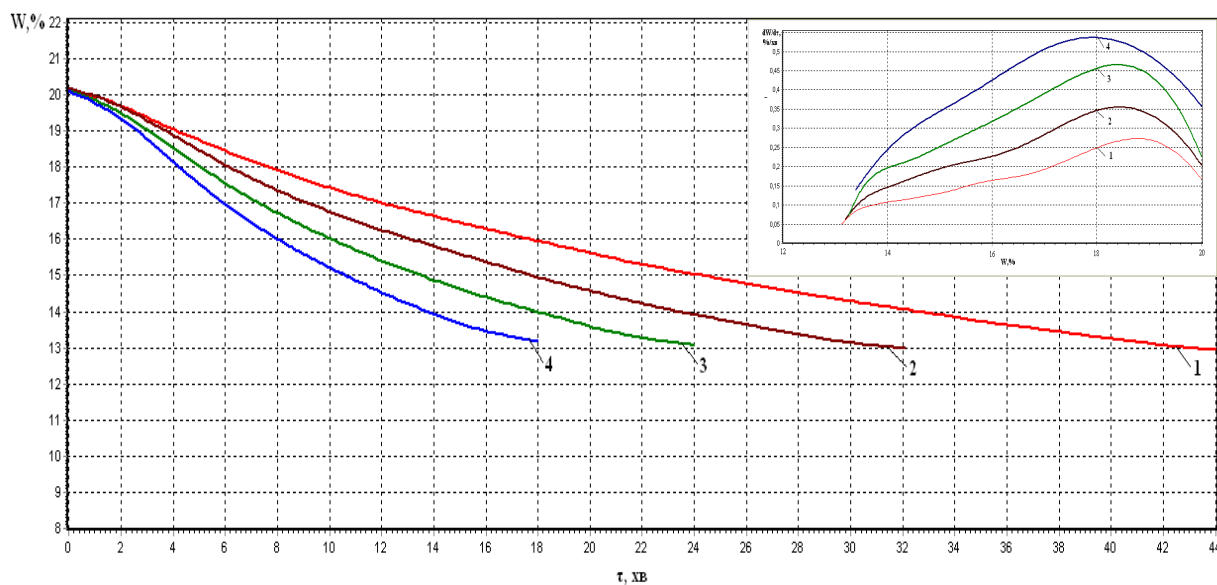


1 – 50 °С; 2 – 60 °С; 3 – 70 °С; 4 – 80 °С

Рис. 2 – Кінетика процесу сушіння вівса в елементарному шарі від температури теплоносія

Зменшення температури теплоносія з 80 до 50 °С при сушінні пшениці (рис.3) зменшує тривалість процесу в 2,44 рази. Характер кривих залежності швидкості сушіння від впливу температури теплоносія

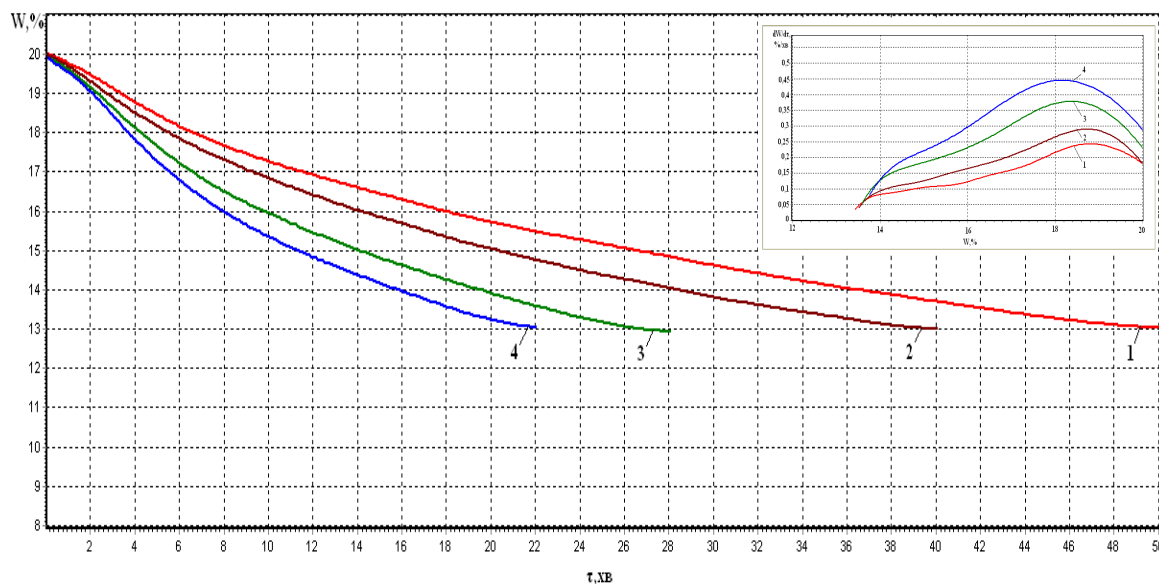
для пшениці, подібні до кривих залежності швидкості сушіння для вівса. Максимальна швидкість сушіння при температурі теплоносія 50 °C складає 0,27 %/хв., що в 2,2 рази менше за швидкість сушіння вівса.



1 – 50 °C; 2 – 60 °C; 3 – 70 °C; 4 – 80 °C

Рис. 3 – Кінетика процесу сушіння пшениці в елементарному шарі від температури теплоносія

Тривалість процесу сушіння для насіння ячменю від дії температури теплоносія зменшується в 2,27 рази, що при температурі 50 °C в 1,2 – 2,4 рази більша за тривалість при сушінні вівса та пшениці (рис.3). Характер кривих залежності швидкості сушіння від впливу температури теплоносія для ячменю подібні кривим залежності швидкості сушіння для вівса та пшениці. Максимальна швидкість сушіння при температурі теплоносія 50 °C складає 0,25 %/хв., що в 2,35 рази менше за швидкість сушіння вівса.



1 – 50 °C; 2 – 60 °C; 3 – 70 °C; 4 – 80 °C

Рис. 4 – Кінетика процесу сушіння ячменю в елементарному шарі від температури теплоносія

Визначення режиму сушіння залежить від якості насіння, тому нами проведено аналіз про вплив температури та початкової вологості на схожість зерна (табл.1).

Таблиця 1 – Вплив температури теплоносія на схожість зернових культур

Культура	Початкова вологість зерна, %	Схожість насіння, %				
		вихідна	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Овес	16	94	94	90	88	56
	23	94	92	84	54	0
Пшениця	16	96	96	92	90	18
	23	96	96	90	60	0
Ячмінь	16	94	92	90	78	18
	23	94	92	85	58	0

Результати досліджень схожості насіння зернових культур показали, що при зменшенні вологості на 3 % (з 16 до 13) % спостерігається висока схожість насіння при температурі теплоносія 50 та 60 °C. Але при збільшенні початкової вологості насіння до 23 % відбувається поступове зниження схожості на (6 – 10) % від вихідної, тому найбільш доцільно вибрати температуру теплоносія 50 °C, де зберігається висока здатність до схожості і відповідає нормативній схожості 92 % [5]. Збільшення температури теплоносія до 80 °C призводить до різкого зниження схожості (48 – 76) % при зніманні вологості на 3 % і втрачає всі насіннєві властивості при зніманні вологості на 13 %. Результати біохімічного аналізу схожості насіння пшениці, вівса та ячменю від впливу температури теплоносія при початковій вологості 16 % можна оцінити візуально на рис. 5,6.

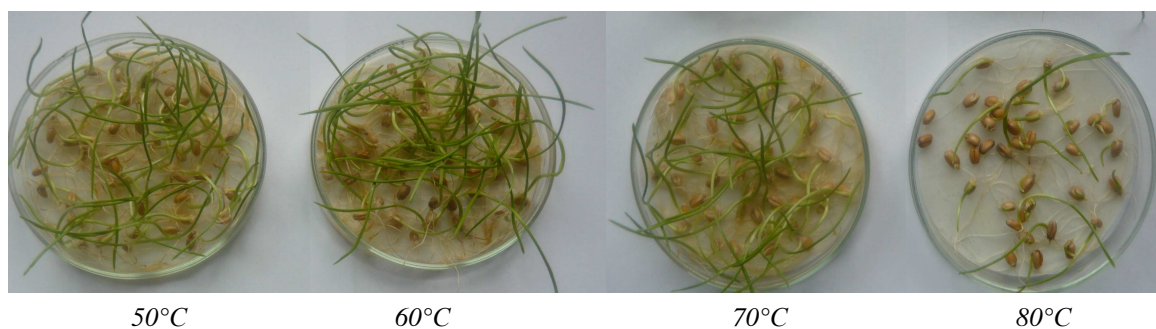


Рис. 5 – Схожість насіння пшениці від впливу температури теплоносія

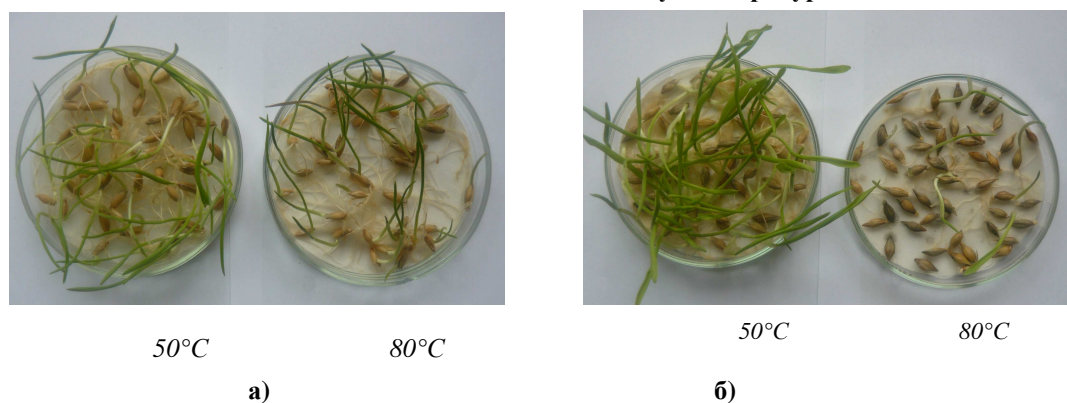


Рис. 6 – Схожість насіння вівса (а) та ячменю (б) при температурах теплоносія при високій та низькій схожості насіння

Висновки

1. Експериментальні дослідження сушіння зернових культур в елементарному шарі на конвективно-му сушильному стенді показали, що: збільшення температури теплоносія від 50 до 80 °C зменшує тривалість сушіння зерна в 2,1 – 2,44 рази;

тривалість сушіння пшениці при температурі теплоносія 50 °С в 1,8 рази довша за тривалість сушіння вівса, а тривалість сушіння ячменю більша в 2,2 рази.

2. Процес сушіння різних зернових культур в елементарному шарі суттєво не відрізняється і проходить у періоді швидкості сушіння, що знижується з максимальною швидкістю сушіння 0,25 – 0,59 %/хв.

3. Виходячи з нормативних вимог до якості насіння, найбільш раціональним режимом сушіння є температура 60 °С та швидкість руху теплоносія 1,5 м/с при початковій вологості 23 %. При зменшенні початкової вологості до 23 % доцільно вибрати температуру теплоносія 50 °С.

Література

1. Гинзбург А. С. Расчёт и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
2. Михайлик В. А., Хавін С. О., Реус І.А. Експериментальне дослідження кінетики сушіння ріпчастої цибулі // Енергетика, економіка, технологія, екологія. – 2006. – №2 (19). – С. 74 – 78.
3. Снежкин Ю.Ф., Пазюк В. М., Шапарь Р.А., Михайлик Т.А., Петрова Ж. А. Исследование кинетики сушки семенного рапса в элементарном слое// Вібрація в техніці та технологіях. – 2008. – №1. – С. 93 – 95.
4. ДСТУ 4138 – 2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи аналізування вологості насіння. – К.: Держспоживстандарт. – 2003. – С. 16 – 17.
5. ДСТУ 2240 – 1993. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості – К.: Держспоживстандарт. – 1994. – С. 2 – 10.

УДК [633.11-021.4:631.547.1]:577

ВПЛИВ ПІДСОРТУВАННЯ ПРОРОСЛОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ЯКІСТЬ СУМІШІ

**Яковенко А.І., канд. техн. наук, доцент, Борта А.В., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

Робота присвячена питанням впливу підсортуння пророслого зерна з низьким числом падіння до зерна з високим числом падіння. З результатів експериментальних досліджень видно, що для прогнозування можливих змін числа падіння, кількості і якості клейковини при підсортунні необхідно використовувати вміст пророслих зерен, вміст зерна пошкодженого клопом-черепашкою і значення числа падіння. Розраховане середньозважене число падіння не завжди збігається з фактичним.

The job is devoted to questions of influence addition progrown of a grain with low number of fall to a grain with high number of fall. From results of experimental researches it is visible, that for forecasting possible changes of number of fall, the quantities and qualities gluten at addition are necessary are to used by contents progrown of grains, contents of a grain damaged bed-bug and meaning of number of fall.

Ключові слова: пшениця, проростання зерна, сира клейковина, число падіння, змішування

З 1997 року в Україні спостерігається в окремі роки наявність проростання зерна пшениці на корені в колосі. При зберіганні такого зерна відбуваються зміни кількості і якості клейковини, які вивчалися раніше [1, 2, 3]. У зв'язку з тим, що таке зерно необхідно використовувати, постає питання, як його використовувати. Таке зерно можна використовувати у спиртовому виробництві, комбікормовій та мукомельній промисловостях.

Для використання у мукомельній промисловості важливим є питання підсортуння такого зерна до нормального (не пророслого) зерна. Головним показником тут виступає число падіння, тому що воно характеризує ступінь зміни властивостей крохмалю і впливу на хлібопекарські властивості зерна пшениці.

При складанні сумішей за клейковиною і скловидності можна розрахувати теоретичні значення цих показників у суміші за допомогою середньозважених показників якості. Ці показники підкоряються законам змішування.

Як буде поводитися число падіння при змішуванні нормального і пророслого зерна невідомо, тому що цей процес не механічний, а ферментативний. Число падіння розрахункове й експериментальне можуть не збігатися.

Метою нашої роботи було вивчення впливу підсортування пророслого зерна з низьким числом падіння до зерна з високим числом падіння. Для дослідження цього питання використовували зразки зерна, показники якості яких наведені в таблиці 1.

При підсортуванні зразків вивчали, як зразок з меншим значенням числа падіння впливає на число падіння з більш вищим початковим значенням цього показника. З таблиці 1 видно, що чим менше число падіння, тим більше значення пророслого зерна у зразку.

Змішували зразки у такій послідовності: додавали до зразка з більшим числом падіння зразок з меншим значенням числа падіння у розмірі 2 %; 4 %; 10 %; 20 %; 30 %; 50 %. Всі досліди проводилися у двократній повторності.

Зразки використовували з різних областей України врожаю 2010 року: зразок 1 – Луганська область; зразок 2 – Запорізька область; зразки 3; 4; 7 – Одеська область; зразок 5 – м. Джанкой; зразок 6 – Київська область.

Таблиця 1 – Вихідні дані

№ зразка	Вміст, %					Якість клейковини, од. ІДК	Число падіння, с
	вологості	скловидності	сирої клейковини	пророслих зерен	пошкоджених клопом-черепашкою		
1	10,8	24	8,0	2,1	18,3	III-120	146
2	11,2	42	23,4	1,04	1,2	II-80	330
3	13,5	34	18,4	3,38	3,4	II-80	150
4	12,0	32	18,6	9,70	6,2	II-85	78
5	13,6	39	12,0	9,40	3,0	II-80	90
6	13,4	46	20	0,60	1,8	II-90	320
7	13,2	26	19,6	0,52	0,6	II-81	326

Визначали такі показники якості: число падіння (ГОСТ 27676-88.); кількість та якість клейковини (ГОСТ 13586.1-68); вологість (ГОСТ 13586.5-85); вміст зерна пошкодженого клопом-черепашкою (ГОСТ 10841-64) та вміст пророслих зерен. При обробці даних порівнювали експериментальні дані числа падіння з розрахованими результатами, а також зрівнювали різницю між експериментальними та розрахованими значеннями числа падіння (рис. 1). Також визначали середнє квадратичне значення відхилення [4].

Таблиця 2 – Результати вивчення підсортування зразка в комбінації № 4 до № 6

№ досліду	Відношення зразка № 4 до № 6, %	Число падіння суміші, сек.			Кількість синої клейковини, %		Якість клейковини, од. ІДК	
		розрахов.	експерим.	різниця	розрахов.	експерим.	розрахов.	експерим.
1	98-2	315	312	3	19,90	23,2	89,9	86
2	96-4	316	300	6	19,94	24,4	89,8	87
3	90-10	295	286	9	19,86	24,4	89,5	85
4	88-12	290	270	20	19,83	24,8	89,4	90
5	80-20	271	253	18	19,72	24,0	89,0	85
6	70-30	247	215	32	19,58	23,2	88,5	87
7	50-50	199	198	1	19,3	22,4	87,5	86
Східний зразок №6		–	320	–	–	20	–	II-90
Східний зразок №4		–	78	–	–	18,6	–	II-85

Із табл. 2 видно, що кількість та якість клейковини підкоряється законам змішування. Різниця між розрахованими та експериментальними даними за цими показниками знаходилась у межах точності методу, але в дослідах підсортування зразків у комбінаціях № 4 до № 6 та № 3 до № 6 спостерігалось в експериментальних зразках збільшення виходу клейковини в порівнянні з розрахованими і якість клейковини поліпшилась. Очевидно, ці зразки пшениці можуть бути використані як поліпшувачі.

Різниця числа падіння, яка спостерігалась між експериментальними та розрахованими даними для всіх зразків, наведена на рис. 1

Таблиця 3 – Результати вивчення підсортування зразка в комбінації № 4 до № 7

№ досліджу	Відношення зразка № 4 до № 6, %	Число падіння суміші, с			Кількість сирової клейковини, %		Якість клейковини, од. ІДК	
		розрахов.	експерим.	різниця	розрахов.	експерим.	розрахов.	експерим.
1	98-2	321	195	126	19,58	17,6	81,08	84
2	96-4	316,2	200	116,2	19,56	16,7	81,16	76
3	90-10	301,2	230	71,2	19,5	17,9	81,40	72
4	88-12	296,2	235	61,2	19,48	15,4	81,48	–
5	80-20	276,4	185	91,4	19,41	13,8	81,80	–
6	70-30	251,6	120	131,6	19,3	18,6	82,20	73
7	50-50	202	100	102	19,1	15,04	83,00	–
Східний зразок № 7		–	326	–	–	19,6	–	II-81
Східний зразок № 4		–	78	–	–	18,6	–	II-85

Із рис. 1 видно, що спостерігається максимальне розходження різниці числа падіння між експериментальними та розрахованими даними 131,6 с (це ряд 4), тобто число падіння східних даних 326 с та 78 с. Мінімальне розходження різниці числа падіння між експериментальними та розрахованими даними спостерігається, як видно з рис. 1 (це ряд 3), тобто число падіння вихідних даних 320 с та 146 с при співвідношенні зразків (70-30) %.

Підсортування в межах від 2 % до 4 % зразка з низьким числом падіння дає розходження між експериментальним та розрахованими значеннями в межах точності методу для більшості комбінацій, за винятком ряду 4 (комбінації № 4 до № 7) і ряду 12 (комбінації № 3 до № 7). В інших співвідношеннях різниця між експериментальним та розрахованими значеннями збільшується вище точності методу.

На рис. 1 видно, що не завжди підсортування зерна з низьким числом падіння підкоряється законам змішування.

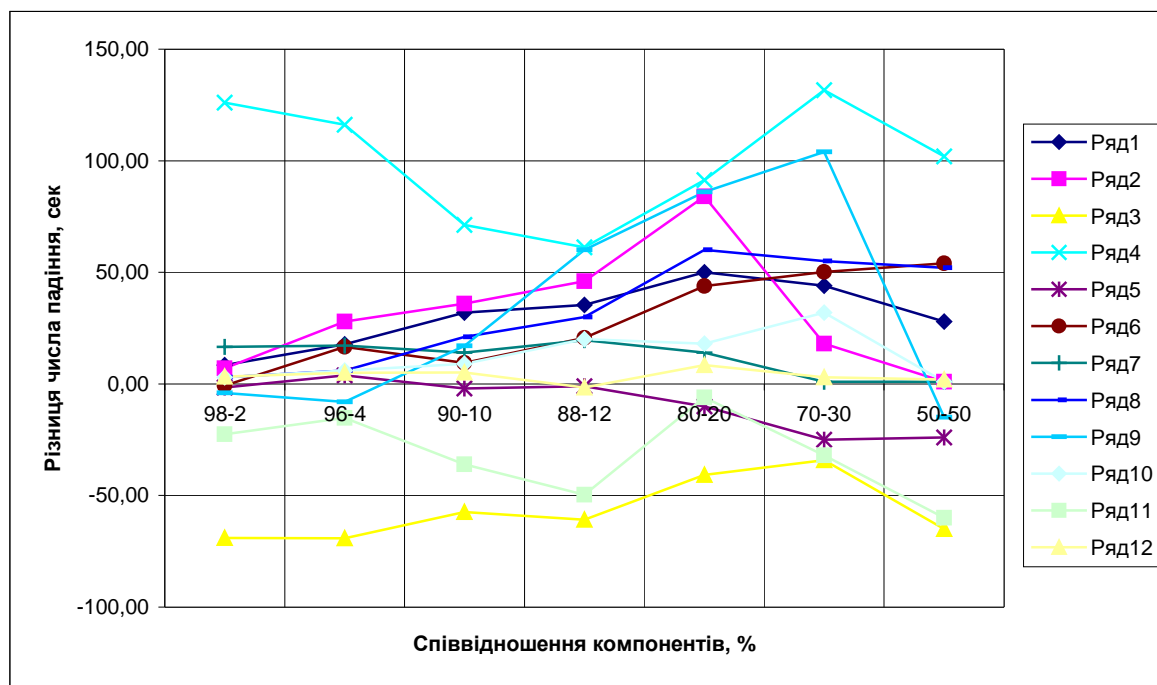


Рис. 1 – Різниця числа падіння між експериментальними та розрахованими даними

Таблиця 3 – Назва рядів співвідношення компонентів

№ ряду	Комбінація між зразками	№ ряду	Комбінація між зразками
1	№ 3 до № 2	7	№ 3 до № 6
2	№ 5 до № 2	8	№ 1 до № 2
3	№ 1 до № 6	9	№ 4 до № 2
4	№ 4 до № 7	10	№ 4 до № 6
5	№ 1 до № 7	11	№ 5 до № 6
6	№ 5 до № 7	12	№ 3 до № 7

Підсортування зразків у комбінаціях № 3 до № 7; № 1 до № 7; № 3 до № 6; № 4 до № 6; № 1 до № 2 різниці між показниками числа падіння розрахованими та експериментальними даними розходження дали в межах помилки дослідження (рис. 1). Значення числа падіння вихідних зразків 326 с та 78 с.

Підсортування зразків у комбінаціях № 5 до № 2; № 3 до № 2; № 4 до № 2; № 1 до № 6; № 5 до № 6; № 6 до № 7; різниці між показниками числа падіння розрахованими та експериментальними даними розходження більша за точність методу, максимальна різниця у 130 с (рис 1; табл. 3).

При підсортуванні зразків з найбільшим вмістом зерна пошкодженого клопом-черепашкою до зразка з найменшим його вмістом спостерігається збільшення числа падіння експериментального по відношенню до розрахованих (комбінації № 1 до № 6; № 1 до № 7; № 1 до № 2). Також у цих комбінаціях можна прослідкувати зміну кількості клейковини у таких самих співвідношеннях як і число падіння це показує, що, крім вмісту пророслих зерен, необхідно звернути увагу на вміст зерна пошкодженого клопом-черепашкою.

При підсортуванні комбінацій з максимальним вмістом пророслих зерен та мінімальним вмістом си-рої клейковини (комбінації № 5 до № 2; № 5 до № 7; № 5 до № 6; № 4 до № 7; № 4 до № 2; № 4 до № 6) спостерігається така сама закономірність, тобто число падіння експериментальне у більшості комбінацій збільшується, а якість клейковини змінює.

Висновки

1. При змішуванні зерна з низьким числом падіння та високим числом падіння необхідно звернути увагу на вміст у партії зерна, пошкодженого клопом-черепашкою, оскільки пошкодження клопом-черепашкою додатково впливає на ферментативні процеси.
2. Підсортування зразків з низьким числом падіння до зерна з високим числом падіння впливає на зменшення виходу клейковини та зміцнення її якості, що видно з отриманих експериментальних даних.
3. При підсортуванні зерна з низьким числом падіння до зерна з високим числом падіння можна розрахувати середньозважене число падіння, але обов'язково треба перевірити число падіння суміші після змішування і вносити корективи у відсоток підсортування. Число падіння недостатньо точно відображає якість зерна пшениці, пошкодженого проростанням.
4. Підсортування в межах до 4 % зразка з низьким числом падіння дає розходження між експериментальним та розрахунковими значеннями в межах точності методу.

Література

1. Яковенко А.І., Борта А.В. Вплив проростання зерна пшениці на її якість // *Хранение и переработка зерна*. – 2007. – № 10. – С. 17–19.
2. Яковенко А.І., Борта А.В. Що ж відбувається з клейковиною при зберіганні пшениці // *Зерно і хліб*. – 2009. – № 4. – С. 28-29.
3. Яковенко А.І., Борта А.В. Чому при зберіганні зерна пшениці показник клейковини зменшується. *Наукові праці ОНАХТ*. – Одеса: 2010. – Вип. 36.-Т.1.- С. 86-88.
4. Остапчук М.В., Станкевич Г.М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. – Одеса: Друк, 2006. – 313 с.

УДК 664. 87 (075)

ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛКОВОГО СКЛАДУ ЗЕРНОВИХ ЕКСТРАКТІВ З ТРИТИКАЛЕ

Прибильський В.Л., д-р техн. наук, професор, Бойко М.І., аспірант
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Визначено білковий склад зерна тритикале та зернового екстракту з нього і вміст вітамінів у порівнянні з ячмінно-солодовим та полісолодовим екстрактами. Встановлено амінокислотний склад зерна тритикале досліджених сортів, також визначено порівняльну характеристику амінокислотного складу зернових екстрактів з тритикале, полісолодового та ячмінно-солодового екстракту, а також їх білковий склад за методом Лундіна.

Sure albuminous composition of corn of triticale and corn extract from him and maintenance of vitamins comparatively with barley-malt and by polymalt extracts. Amino acid composition of corn of triticale of the probed sorts is set, also sure comparative description of amino acid composition of corn extracts from triticale, polymalt and barley-malt extract, and also their albuminous composition after the method of Lundina.

Ключові слова: зерновий екстракт з тритикале, фракція Лундіна, амінокислотний скор.

Одним з найважливіших завдань соціально-економічного розвитку України є збільшення випуску продуктів харчування і підвищення їхньої якості при економічному використанні сировини. Ефективний розвиток харчової і переробної промисловості передбачає раціональне використання рослинних ресурсів, розробку нових видів продукції за сучасними технологіями.

За останні роки розвинулось виробництво сиропів крохмального походження (крохмальна патока), що готують з крохмалю кукурудзи або картоплі. Відомі також солодові екстракти, які готують із пророслих злакових культур, але практичне їхнє застосування обмежене. В Україні запропоновано виробництво зернових екстрактів (ЗЕ) з нативних злакових культур.

Однією з галузей використання вуглеводмісних сиропів є пиво-безалкогольна.

Для отримання високоякісного пива із застосуванням заміників солоду основну увагу слід приділити відповідності хімічного складу пивного суслу солодовому суслу. Останнім часом значного поширення як заміника солоду набули мальтозні сиропи. Але їхнє використання призводить до заміни лише вуглеводної складової суслу. Тому застосування зернових екстрактів дозволить не тільки замінити вуглеводну складову, але й отримати повноцінний замітник солодового суслу як за хімічним складом, так і за фізичними властивостями. Застосування при цьому нетрадиційної сировини – тритикале – дозволить також знизити собівартість та розширити асортимент пивної продукції.

Метою роботи є дослідження білкового та вітамінного складу зернових екстрактів з тритикале для їхнього використання у пивоварінні.

Для досягнення поставленої мети визначали: білковий склад зерна тритикале і зернового екстракту з нього та вміст вітамінів у порівнянні з ячмінно-солодовим та полісолодовим екстрактами.

Як об'єкти досліджень використовували зерно тритикале сортів АД 42 та Гарне, а також зернові екстракти, отримані з них.

Аналіз вмісту білка, його амінокислотний склад виконані в лабораторії ТОВ АФ "Олімпекс-Агро". Вміст білка визначали методом Кельдаля, при визначенні вмісту білка за азотом застосовувався коефіцієнт 5,7. Амінокислотний склад визначали на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 методом іонообмінної хроматографії на іонітах.

Амінокислотний склад зерна тритикале наведено у табл. 1, 2, 3.

Встановлено, що амінокислотний склад зерна тритикале досліджених сортів характеризується значним вмістом глутамінової кислоти, проліну, лейцину і аспарагінової кислоти.

Визначена збалансованість амінокислотного складу білка тритикале. Як і у білків пшениці та жита, першою лімітуючою амінокислотою білка тритикале є лізин, а другою – треонін, що збігається з літературними даними для інших сортів [1, 2, 3, 4].

Таблиця 1 – Амінокислотний склад зерна тритикале (мг на 100 г абсолютно-сухої речовини)

Амінокислота	Сорт	
	АД 42	Гарне
Аспаргінова к-та	730	744
Серин	495	487
Глутамінова к-та	3472	3920
Пролін	1276	1401
Гліцин	437	505
Аланін	476	534
Цистин	204	218
Тирозин	267	334
Гістидин	283	309
Аргинін	581	616
Валін	554	677
Ізолейцин	445	485
Лейцин	416	442
Лізин	416	442
Метіонін	179	189
Треонін	416	421
Фенілаланін	547	721
Сума незамінних амінокислот (без врахування триптофана)	3363	3698

Таблиця 2 – Амінокислотний склад зерна тритикале (г на 100 г білка)

Амінокислота	Сорт	
	АД 42	Гарне
Аспарагінова к-та	6,612	6,914
Серин	4,484	4,526
Глутамінова к-та	31,449	32,714
Пролін	11,558	13,020
Гліцин	3,958	4,693
Аланін	4,312	4,983
Цистин	1,848	2,007
Тирозин	2,418	3,104
Гістидин	2,636	2,872
Аргинін	5,263	5,725
Валін	5,018	5,362
Ізолейцин	4,031	4,489
Лейцин	7,228	8,020
Лізин	3,759	4,108
Метіонін	1,621	1,757
Треонін	3,759	3,913
Фенілаланін	4,955	5,701
Сума незамінних амінокислот (без врахування триптофана)	30,371	34,350

Таблиця 3 – Амінокислотний скор зерна тритикале, %

Показник	Амінокислота						
	Валін	Ізолейцин	Лейцин	Лізин	Метіонін, цистин	Треонін	Феніл- аланін, тирозин
АД 42	100	101	103	88	99	94	123
Гарне	107	112	114	75	108	98	163
Ідеальний білок	100	100	100	100	100	100	100

Порівняльна характеристика амінокислотного складу зернових екстрактів з тритикале, полісолодового та ячмінно-солодового екстракту, а також їх білковий склад за методом Лундіна наведено у табл. 4 та 5.

Таблиця 4 – Амінокислотний склад ЗЕ та солодових екстрактів

Амінокислота	Кількість вільних амінокислот, мг/100 г продукту			
	ЗЕ з тритикале сорту АД 42	ЗЕ з тритикале сорту Гарне	Полісолодовий екстракт	Ячмінно-солодовий екстракт
Треонін	4,49	4,40	4,28	4,57
Серин	3,12	3,14	3,11	0,75
Глютамінова к-та	16,9	15,9	17,64	3,80
Пролін	4,98	4,0	5,29	1,71
Гліцин	0,98	0,90	1,56	0,34
Аланін	7,95	10,0	8,05	16,7
Валін	14,9	14,8	14,04	3,32
Метіонін	3,9	4,0	4,77	1,26
Ізолейцин	14,9	14,6	15,20	15,88
Лейцин	44,5	42,9	43,10	29,87
Тирозин	23,0	22,8	22,44	19,11
Фенілаланін	31,0	31,1	33,00	27,06
Триптофан	9,0	8,9	9,30	13,06
Гістидин	11,1	10,7	10,04	7,11
Лізін	4,9	4,9	4,85	3,50
Загальний вміст	195,62	193,04	196,67	148,04

Таблиця 5 – Білковий склад ЗЕ з тритикале та солодових екстрактів за методом Лундіна

Зразок	мг/100 г продукту	Фракції за Лундіним					
		А		В		С	
		мг/100 г продукту	% від загального розчинного	мг/100 г продукту	% від загального розчинного	мг/100 г продукту	% від загального розчинного
1	877	406	46,4	195	22,2	275	31,4
2	855	400	45,8	196	21,9	270	31,2
3	834	391	47,5	157	18,9	280	33,6
4	669	208	31,1	129	19,3	332	49,6

Примітка *: 1 – зерновий екстракт з тритикале сорту Гарне; 2 – зерновий екстракт з тритикале сорту АД 42; 3 – полісолодовий екстракт; 4 – ячмінно-солодовий екстракт.

Встановлено, що за вмістом більшості амінокислот та їхньою загальною кількістю переважають зернові екстракти з тритикале.

Відомо, що за методом Лундіна можна в певній мірі прогнозувати якісні показники пива та його колоїдну стійкість. Вважається, що пивне сушло повинно мати переважно нижчі поліпептиди та амінокислоти (фракція С). Разом з цим, вміст пептонів та вищих поліпептидів (фракція В) обумовлює піноутворення пива [5].

За результатами проведених досліджень (табл. 5) встановлено, що пофракційний розподіл білка за Лундіним у зернових екстрактів з тритикале у порівнянні з ячмінно-солодовим та полісолодовим екстрактами відрізняється несуттєво.

Отже, одержані результати за дослідженням білкового складу зернових екстрактів з тритикале свідчать про прийнятність їхнього використання як заміника солоду у пивоварінні.

Властивості будь-якої харчової продукції визначаються не тільки харчовою та енергетичною цінністю, а й наявністю біологічно активних речовин, серед яких найбільш важливе місце належить вітамінам [6].

У табл. 6 наведена порівняльна характеристика вітамінного складу зернових екстрактів з тритикале, полісолодового та ячмінно-солодового екстрактів.

Таблиця 6 – Вміст вітамінів у полісолодовому та зерновому екстрактах

Вітамін, мкг/г	ЗЕ з тритикале сорту АД 42	ЗЕ з тритикале сорту Гарне	Ячмінно-солодовий екстракт	Полісолодовий екстракт
Вітамін С	2380	2370	1140...2280	1760...2200
Тіамін (В ₄)	4,2	4,1	3,0...4,0	10
Рибофлавін (В ₂)	8,6	8,4	3,1...8	12
Пантотенова кислота (В ₃)	32,0	31,8	32,0	40
Піридоксин (В ₆)	7,0	6,9	6,2	9,0
Ніацин (РР)	289	283	170...375	170
Біотин (Н)	0,27	0,25	0,3	0,4...1,6
Вітамін (Е)	3,6	3,7	–	–

Встановлено, що в зернових екстрактах з тритикале вміст більшості з досліджених вітамінів на 4,3...12,9 % переважає ячмінно-солодовий та за деякими показниками полісолодовий екстракти, що можна пояснити як дією високих температур при уварюванні солодового суслу, так і особливістю технології зернових екстрактів.

Таким чином, за результатами проведених досліджень, встановлено:

1. За білковим складом зернові екстракти є повноцінним заміником пивного суслу.
2. Використання зернових екстрактів із тритикале як заміника солоду завдяки високому вмісту вітамінів дозволяє підвищити біологічну цінність пива.

Література

1. Шевченко В.Е., Павлюк Н.Т., Верзилин В.В. Тритикале. – Воронеж: ВГАУ, 1997. – 281 с.
2. Л.К. Сечняк, Ю.Г. Сулима. Тритикале. Москва. – 1993. – 320 с.
3. Сечняк А.К., Сулима Ю.Г. Тритикале. – М.: Колос, 1984. – 317 с.
4. Тертычная Т.Н., Черных О.С., Дерканосова Н.М. Использование тритикале в производстве диетического печенья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. - № 2. – С. 48 -54.
5. П.М. Мальцев. Технология броидильных производств. – Общий курс. Издание второе, переработанное и дополненное. – М.: - 1980. – 560 с.
6. Н.О. Емельянова, Н.Я. Гречко, В.М. Кошова, В.Х. Суходол. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного суслу і квасу. За ред. Н.О. Емельянової. – Київ 1994. – С. 150.

УДК 664.788

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОЗОНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ НА ПРОЦЕС ПРОРОЩЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Холодова О.А., Бородіна А.В., Єпіхіна Т.А.
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Досліджено вплив озono-повітряної суміші на процес пророщення зерна пшениці. Встановлено позитивний вплив озону на енергію пророщення.

Influence of ozone-air mixture on the process of wheat grain germination was studied. It is established the positive effect of ozone on germination energy.

Ключові слова: зерно, процес пророщення, енергія проростання, здатність проростання, озono-повітряна суміш, солодове борошно.

Здорове харчування людини є основою її доброго самопочуття. Однак сучасний ритм життя провокує нерегулярне та неправильне харчування. Це сприяє збільшенню рівня захворюваності серед населення та втрати життєвого тону. Тому виробництво продуктів підвищеної харчової цінності для оздоровлення населення є пріоритетним напрямом розвитку харчової промисловості України. Сьогодні актуальним є питання пошуку природних речовин, які вміщують вітаміни та мінерали, необхідні для підвищення стійкості організму людини до дії несприятливих факторів та навколишнього середовища.

Україна є одним із лідерів серед країн Європи за обсягом виробництва зерна пшениці та інших зернових культур, які містять необхідні для людини мікро- та макроелементи, білки, вуглеводи та вітаміни.

Саме тому одним із перспективних напрямів удосконалення та розроблення сучасних конкурентоспроможних, ресурсозберігаючих технологій функціональних та оздоровчих продуктів є такі технологічні прийоми, які б сприяли більш повному вилученню або використанню цінних компонентів зерна та продуктів його перероблення, підвищенню споживного попиту та рівня безпеки зернових продуктів [1,2].

Одним із шляхів використання всіх потенційних можливостей зерна пшениці, тобто доведення до споживача всього комплексу його живильних речовин, є виробництво солодового борошна. Продукти перероблення пророщеного зерна пшениці мають специфічний хімічний склад, вони є унікальними як джерело вітамінів, мінеральних речовин, ненасичених жирних кислот. Це дозволяє віднести солодове борошно до продуктів з оздоровчими властивостями та використовувати для збагачення широкого спектру харчових продуктів [3].

Однак промислове виробництво солодового борошна пов'язане з низкою невирішених завдань, серед яких інтенсифікація процесу пророщення та мікробіологічна безпека кінцевого продукту. Сучасні способи інтенсифікації процесу пророщення єднають у собі сукупність фізичних та хімічних способів впливу на сировину, а також використання мікроорганізмів, що синтезують біологічно активні речовини та активують ростові процеси [4]. Скорочення тривалості пророщення поряд зі збільшенням ефективності виробництва сприяє зменшенню затрат сухих речовин на утворення ростків та процес дихання.

Аналіз сучасних способів інтенсифікації процесу отримання солоду показав, що озон є найбільш привабливими для цієї мети. Озон є потужним окисником і чинить комплексну дію на насінний матеріал: стимулювальну та стерилізувальну. Технології використання озону є простими у використанні та екологічно безпечними. Серед переваг озонних технологій варто відзначити те, що озон виробляється на місці використання, а невикористаний озон швидко розкладається з утворенням молекулярного кисню [5]. Озон чинить високу знезаражуючу дію на патогенні мікроорганізми, що дозволяє підвищити мікробіологічну безпеку об'єктів, які обробляються. Експерти в галузі харчових та озонних технологій схвалюють використання озону в харчовій промисловості (GRAS), який є екологічно чистим та не викликає мутагенної й канцерогенної дії.

Метою наших досліджень було встановлення впливу різних технологічних чинників (гідромодуль, температура води при замочуванні, товщина зернового шару, концентрація озону та тривалість процесу оброблення зерна озоном) на інтенсивність процесу пророщення.

В якості об'єктів досліджень використовували зерно врожаю 2010 року, яке відповідало вимогам ДСТУ 3768-2010 «Пшениця. Технічні умови» за такими показниками якості: вологість 14%, скловидність 87 %, натура 782 г/л, масова частка сирієї клейковини 30 %; вода питна – за ДСТУ 2874-82. Попереднє оброблення зерна озоно-повітряною сумішшю здійснювали шляхом введення озону в товщу зернового шару. Концентрація озону в дослідженнях коливалася від 0,5 до 1,5 г/м³, тривалість процесу оброблення від 30 до 90 хв. Отримання солоду здійснювали повітряно-водним способом. Пророщення зерна пшениці здійснювали протягом 48...72 год. Енергію та здатність пророщення зерна визначали за кількістю пророслих зерен протягом трьох та п'яти діб, згідно з ГОСТ 10968-88.

На першому етапі досліджень визначали вплив гідромодуля на інтенсивність процесу пророщення. Для забезпечення оптимальних умов пророщення зерна пшениці встановлювали основні параметри замочування зерна пшениці при ваговому співвідношенні зерен пшениці й води 1:1, 1:2, 2:1. Інтенсивність процесу пророщення оцінювали за середньою довжиною ростка зерен пшениці протягом 80 год (рис. 1).

Аналіз експериментальних даних показує, що за перші 48 год пророщення зерна довжина ростків в умовах різного гідромодуля не відрізняється. Проте, вже через 64 год пророщення довжина ростків зародка при використанні гідромодуля 1:1 є на (30...60) % більшою за довжину ростків при інших режимах замочування. При використанні гідромодуля 1:1 процес пророщення йде більш рівномірно та через 72 год пророщення формуються довші пелюстки зародка. Слід також враховувати, що рекомендована довжина ростків, за якої можна досягнути найбільшої харчової користі від пророщення зерна, повинна бути в межах 1,0...1,5 мм. За гідромодуля 1:1 процес пророщення можна завершити через 48...56 год, за гідромодуля 1:2 – через 56...62 год, а за гідромодуля 2:1 – більше ніж через 72 год.

Суттєвим фактором, що впливає на інтенсивність процесу пророщення зерна пшениці, є товщина шару зерна. Це зумовлено тим, що зерно пшениці утворює щільний шар внаслідок низької свердловинності зернової маси пшениці. Це ускладнює процес дихання зерна та негативно позначається на розвитку пелюсток пшениці. Тому з метою збільшення ефективності пошарового розміщення зерна в процесі пророщення досліджено процес пророщення зерна пшениці за різної товщини шару, який змінювали від 1 до 5 см.

У результаті проведених досліджень встановлено, що при пророщенні зерна в шарі товщиною 1...2 см вміст пророслих зерен пшениці був у середньому на 15 % більше порівняно зі зразками, де шар зерна коливався від 3 до 5 см. Також було встановлено, що найбільш прийнятним для пророщення є замочування зерна пшениці у воді з температурою (10...20) °С протягом 12...18 год.

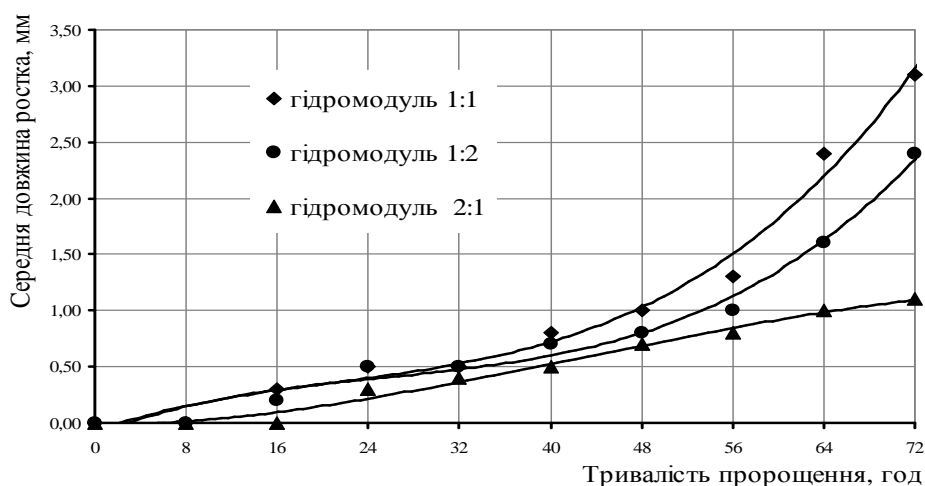


Рис.1 – Вплив гідромодуля на процес пророщення зерна

На початковому етапі розвитку зародок пшениці потерпає від багатьох негативних факторів. Біотоксини, що є метаболітами патогенної мікрофлори, в більшості випадків призводять до пригнічення розвитку зародка, навіть життєздатного. Тому висока мікробіологічна засміченість зерна негативно позначається на процесі його пророщення. Сьогодні для нейтралізації токсинів та природних інгібіторів пророщення зерна застосовують слабкі розчини перманганату калію. Перманганат калію не є токсичним, тому таке оброблення зерна позитивно впливає на якість зерна, не погіршуючи його споживні властивості. Проте, на наш погляд, озон, як сильний окисник, є найбільш привабливим з метою зниження мікробіологічної засміченості зерна за рахунок його більш високого окисного потенціалу. Крім того, відомо про позитивний вплив озону на посівні якості насіння з метою дезінфекції в процесі зберігання. Так, обробка зерна озono-повітряною сумішшю (протягом 30 хв., при концентрації 2 г/м^3) практично стерилізує зернову масу від усіх видів мікроорганізмів [6].

З метою довести ефективність застосування озону в якості не тільки антисептика, але й активатора росту, нами проведено оброблення зерна перед пророщенням в різні способи.

Порівнювали результати пророщення в таких умовах:

- без спеціальної підготовки перед пророщуванням, яке відбувалось за традиційною технологією (повітряно-водним способом, гідромодуль 1:1);
- із застосуванням озону (попереднє оброблення зерна в озono-повітряній суміші та пророщення повітряно-водним способом, гідромодуль 1:1);
- комбінованим способом (попереднє оброблення зерна в озono-повітряній суміші та замочування його в 1% розчині перманганату калію 1:1).

Оцінювали енергію проростання та здатність зерна пшениці до проростання. Результати наведено в табл. 1. Отримані дані свідчать, що попереднє оброблення зерна пшениці озono-повітряною сумішшю дозволяє збільшити енергію та здатність проростання. Після оброблення зерна озonom спостерігається стабільний ефект активації пророщення та прискорення розвитку в порівнянні з необробленими зразками пшениці.

Так, при попередньому обробленні зерна перед замочуванням озono-повітряною сумішшю з концентрацією озону ($0,5 \dots 1,5 \text{ г/м}^3$) та тривалістю 30 хв. енергія проростання збільшується на (6...7) % відносно контрольного зразка, а сам процес проростання йде більш рівномірно у порівнянні з іншими зразками, що може бути зумовлено пригніченням активності мікрофлори на поверхні зерна під дією озону. Аналогічна тенденція спостерігається для здатності проростання. При збільшенні тривалості попереднього оброблення зерна озono-повітряною сумішшю понад 30 хв. енергія проростання зерна зменшується на (1...2) %.

Слід відзначити, що при збільшенні концентрації озону понад $1,0 \text{ г/м}^3$ за будь-якої тривалості оброблення відбувається зменшення енергії проростання. Такий вплив можна пояснити надмірними окисними процесами, які відбуваються під дією атомарного кисню, що утворюється під час розпаду озону, та призводять до пригнічення розвитку зародка. Застосування комбінованої технології пророщення (попереднє

оброблення зерна озоном та його замочування в розчинні перманганату калію) не призводить до збільшення енергії проростання та здатності проростання у порівнянні з озоною технологією.

Таблиця 1 – Вплив режимів оброблення зерна пшениці озоно-повітряною сумішшю на енергію та здатність проростання

Спосіб замочування	Режими оброблення		Енергія проростання, %	Здатність проростання, %
	концентрація озону, г/м ³	тривалість оброблення, хв.		
а (контроль)	0	0	90	91
б (озоно-повітряна суміш)	0,5	30	96	98
		60	95	97
		90	94	96
	1,0	30	97	98
		60	95	96
		90	93	94
	1,5	30	96	98
		60	94	96
		90	92	92
в (озоно-повітряна суміш, 1% розчин перманганату калію)	0,5	30	96	97
		60	95	97
		90	95	97
	1,0	30	97	98
		60	97	98
		90	95	96
	1,5	30	96	98
		60	95	97
		90	94	96

Висновки

Встановлено, що найбільш ефективним є такі режими пророщення зерна пшениці: товщина шару 1...2 см, гідромодуль 1:1, температура води (16...18) °С, тривалість замочування – 12...18 год. Показано високу ефективність попереднього оброблення зерна пшениці озоно-повітряною сумішшю перед замочуванням, що дозволяє зменшити кількість непророслих зерен з 10 % до 3 %, тобто в 3 рази. Енергія проростання при цьому збільшується на (6...7) %. Доцільними є режими оброблення зерна озоно-повітряною сумішшю з концентрацією озону 0,5...1,0 г/м³ протягом 30 хв.

Література

1. Обґрунтування і розроблення складу продуктів оздоровчого призначення / Л.О. Федоренченко, А.І. Українець, Т.І. Романовська, С.А. Бажай // Наук. праці УДУХТ. – 2001. – №10. – С.49–50.
2. Урбанчик Е.Н., Касьянова Л.А., Агеенко О.В. Исследование процессов замачивания и проращивания зерна // Сб. докл. и стат. науч.-практ. конф. «Проблемы переработки крупяных культур и развитие крупяной промышленности». М., 2003. С. 49–56.
3. Шаталова Г.С. Целебное питание. М., 1995.
4. Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S. E. Germination // Biology of Plants, 7th Edition, W. H. Freeman and Company Publishers. NewYork, 2005.
5. Rice R.G. and Browning, M.E., Editors, Ozone: Analitical Aspects and Odor Control (Stamford, CT: Intl. Ozone Assoc, Pan American Group. 2003).
6. Горбунов Н.Н. Предпосевное озонирование семян зерновых, технических и овощных культур, озонирование при хранении зерна: Сб. реф. н.-и. работ, выполн. по грантам администрации Воронеж. обл. – Воронеж, 1994. – с. 79-80.

ПОРИСТІСТЬ ШВИДКОВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ КАШІ, ОТРИМАНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СУШІННЯ ЗМІШАНИМ ТЕПЛОПІДВОДОМ

Погожих М.І., д-р техн. наук, професор, Пак А.О., канд. техн. наук, доцент,
Жеребкін М.В., пошукач
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

Відмічено сушіння змішаним теплопідводом як перспективне з точки зору енергоефективності. Описано принцип дії установки для виробництва швидковідновлювальних каш з використанням особливостей сушіння змішаним теплопідводом. Наведено ізотермі сорбції отриманих каш. Визначено функції розподілення пор за радіусами в отриманому продукті.

Heat mixed transfer drying is one of the most perspective methods of drying with a view to power efficiency. Principle of operation of apparatus for production of quick-cooking kasha were described. Adsorption isotherms were presented. Pore size distribution functions in quick-cooking kasha were determined.

Ключові слова: змішаний теплопідвід, пористість, дисипативні структури, функціональна ємність.

Дефіцит енергетичних ресурсів диктує необхідність раціонального використання енергії, розробки енергоефективних процесів і апаратів для харчових технологій, у тому числі й для сушіння. Сушіння – найпоширеніший спосіб консервування харчової сировини. Завданнями сушильних технологій є: підвищення енергоефективності процесу видалення вологи, підвищення якості сушеної продукції, розробка високоефективної універсальної сушильної техніки, забезпечення екологічної безпеки сушильних підприємств. Рішення цих завдань визначається розвитком наукових уявлень про масо- і теплообмін. Сучасні досягнення й досвід використання нерівноважної термодинаміки у фундаментальних науках дозволяє поширити деякі її висновки безпосередньо на процеси зневоднювання.

Одним із перспективних, з точки зору енергоефективності, є сушіння змішаним теплопідводом (ЗТП-сушіння), розроблене в Харківському державному університеті харчування та торгівлі [1-4].

ЗТП-сушіння засноване на створенні умов для активної гідродинамічної й теплової взаємодії сушильного агента з об'єктом сушіння. Об'єктом сушіння при цьому є масообмінний модуль, який називається функціональною ємністю (ФЄ), у який міститься матеріал, що зневоднюється. На відміну від традиційного конвективного сушіння, теплоносії (джерело теплоти) не має безпосереднього контакту з поверхнею, що віддає вологу, і передає теплоту матеріалу через тверду газонепроникну стінку ФЄ будь-яким способом (конвекційним, кондуктивним, радіаційним).

Масообмінною поверхнею є зазори на поверхні ФЄ, розміри й розташування яких на поверхні ФЄ визначаються режимами й видом матеріалу, що зневоднюється. Площа масообмінної поверхні ФЄ найменш на порядок менша, ніж теплообмінної, що різко відрізняє даний спосіб від усіх інших відомих способів. Слід зазначити, що як теплообмінна, так і масообмінна поверхні ФЄ мають певні форму та розміри, які в процесі сушіння не змінюються (на відміну від конвективного сушіння, де через об'ємну усадку матеріалу поверхня об'єкта сушіння є складною функцією вологовмісту). ФЄ виступає як об'єкт сушіння, а матеріал, що зневоднюється, визначає внутрішнє тепловологоперенесення цього об'єкта. Таким чином, об'єкт ЗТП-сушіння являє собою окрему квазіізольовану систему, на відміну від конвективного, де об'єкт сушіння не ізольований від сушильного агента. При дотриманні певних умов відбувається так званий «запуск» ЗТП-сушіння, при цьому процес зневоднювання має ряд особливостей, завдяки яким істотно підвищується енергоефективність процесу та якість одержуваної продукції.

Метою роботи є дослідження розвитку пористості продукції, отриманої з використанням принципів ЗТП-процесу.

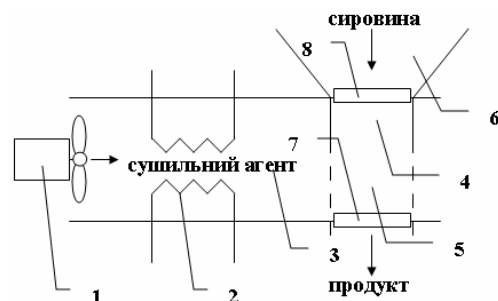
Об'єктами дослідження були несмажена гречана крупа, смажена гречана крупа, швидковідновлювальна каша, отримана із плющеної гречаної крупки, швидковідновлювальна каша, отримана із гречаної крупки з використанням принципів ЗТП-сушіння.

Несмажена та смажена гречані крупки використовувались як контроль. Швидковідновлювальна каша із плющеної гречаної крупки отримувалась традиційним способом, а швидковідновлювальна каша, отримана із гречаної крупки з використанням принципів ЗТП-сушіння, – на установці, наведеній на рис. 1 [5].

На рисунку представлена схема розміщення функціональної ємності в сушильній камері (3), напрямок руху сушильного агента й сировини. Вихідна сировина протягується дозувальними шнеками (7, 8) через функціональну ємність із визначеною швидкістю.

ФЄ виконана з паронепроникного матеріалу. Перша її частина (4) не має масообмінних зазорів, тому випару вологи в цій частині з вихідної сировини практично не відбувається. Сировина, перебуваючи в цій частині ФЄ, нагрівається до температури сушильного агента, що омиває її, і проварюється до готовності. Зневоднювання провареної сировини відбувається в другій частині ФЄ (7) з масообмінними зазорами.

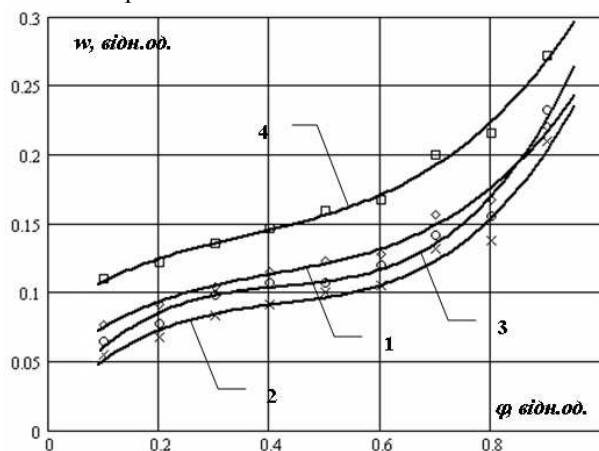
Тривалість знаходження сировини в першій і другій частинах ФЄ, а, відповідно, тривалість проварювання та зневоднення, регулюється довжиною відповідних частин і швидкістю протягування сировини через них.



1 – вентилятор; 2 – блок калориферів; 3 – сушильна камера; 4 і 5 – частини функціональної ємності; 6 – завантажувальний бункер; 7 і 8 – дозувальні шинки.

Рис. 1 – Схема установки для отримання швидковідновлювальної каші

Для вивчення сорбції та визначення рівноважного вологовмісту зразків використовувався тензометричний метод. Досліджуваний зразок поміщали в ексикатори з фіксованим значенням відносної вологості повітря φ , що забезпечувалась розчином сірчаної кислоти заданої концентрації. Всі ексикатори витримувались за постійної температури навколишнього середовища протягом вимірів (23 °С). Тривалість перебування продукту в ексикаторі визначалась досягненням зразком постійної маси. Ізотерми сорбції досліджуваних зразків представлені на рис. 2.



1 – несмажена гречана крупа; 2 – смажена гречана крупа;
3 – швидковідновлювальна каша, отримана із плющеної гречаної крупи;
4 – швидковідновлювальна каша, отримана із гречаної крупи з використанням принципів ЗТП-сушіння.

Рис. 2 – Ізотерми сорбції досліджуваних зразків

Отримані ізотерми мають схожий характер. У діапазоні відносної вологості від 10 до 80 % зразки перебувають в області мономолекулярної та полімолекулярної сорбції. При подальшому збільшенні вологості відбувається поглинання води мікрокапілярами та набухання зразків. Характер ізотерм досліджуваних зразків не має яскраво вираженої асимптоти паралельної осі вологовмісту. Подальше зволоження таких зразків можливе при безпосередньому зіткненні з рідиною.

Апроксимація експериментальних даних проводилась функцією виду [6]:

$$\varphi = \frac{w^{A_3}}{A_1 + A_2 w^{A_3}}, \quad (1)$$

де A_1, A_2, A_3 – апроксимаційні коефіцієнти.

Використання даної апроксимаційної функції дає можливість отримувати таку важливу структурно-фізичну характеристику як диференціальну функцію розподілу пор за радіусами $f_n(R^*)$, яка дає змогу прогнозувати змінювання якості продуктів у процесі сушіння.

Основні структурно-фізичні характеристики пов'язані з коефіцієнтами рівняння (1) наступними співвідношеннями [7]:

$$m_R = \left(\frac{A_2}{0,433} \right)^{1,247}; \quad (2)$$

$$\sigma_R = -\frac{\ln(6,12A_1)}{0,625} \left(\frac{A_3 - 0,957}{0,223} \right)^{-0,6}, \quad (3)$$

де R_G - універсальна газова стала, Дж/(моль·К);

T - абсолютна температура, К.

Диференціальна функція розподілу пор за радіусами визначається наступним чином

$$f_n(R^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_R R^*} \exp\left(-\frac{(\ln(R^*) - m_R)^2}{2\sigma_R^2}\right), \quad (4)$$

де $f_n(R^*)$ - функція логарифмічно нормального розподілу;

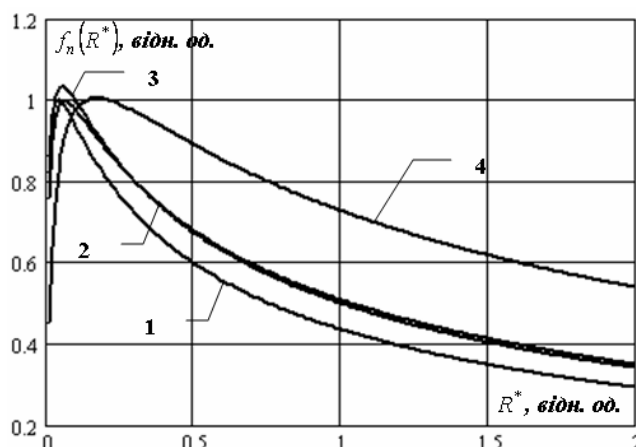
m_R та σ_R – параметри логарифмічно нормального розподілу;

R^* – безрозмірний радіус капілярів $R^* = (R - d_0) / d_0$;

R – радіус капіляра, м;

$d_0 = 0,3 \cdot 10^{-9}$ м – радіус молекули води.

Функції розподілу, знайдені за формулами, (1)-(4) представлені на рис. 3.



1 – несмажена гречана крупа; 2 – смажена гречана крупа;

3 – швидковідновлювальна каша, отримана із плющеної гречаної крупи;

4 – швидковідновлювальна каша, отримана із гречаної крупи з використанням принципів ЗТП-сушіння.

Рис. 3 – Диференціальні функції розподілу пор за радіусами

З отриманих результатів видно, що функція розподілу пор за радіусами для швидковідновлювальної каші, отриманої із гречаної крупи з використанням принципів ЗТП-сушіння, має більшу ширину та більший щодо контрольних зразків та зразка швидковідновлювальної каші, отриманого традиційним способом, найбільш імовірний радіус, що свідчить про розвиток пористої структури. Отримане підтверджує результати, отримані в [2].

Для пояснення особливостей процесу зневоднювання під час ЗТП-сушіння в [2] використовується теорія, розроблена І. Пригожиним, в якій для систем віддалених від рівноваги вводиться поняття дисипативних структур. Такі структури можуть виникати й існувати тільки в системах, які обмінюються енергією й масою із зовнішнім середовищем за межами стійкості. Якщо ж структура в результаті флуктуацій виникне в ізольованій системі, то ентропія в системі в цілому зростає, що приведе до деградації самої сис-

теми й зникнення структури або нового її стану з мінімумом виробництва ентропії. Утворення дисипативних структур супроводжується зміною механічної енергії структури або системи в цілому: виникає видимий макроскопічний рух або упорядкування цього руху.

Теорія І. Пригожина дозволяє припустити існування потенційних механізмів самоорганізації таких дисипативних структур. Умовами для таких механізмів є: віддалення від рівноваги; нестійкість системи поблизу стаціонарного стану; флуктуації; відкритість системи по потоках енергії та маси.

Дисипативні структури дозволяють максимально розсіяти «високоякісну» енергію сушильного агента, що в першому наближенні визначається зниженням температури відпрацьованого сушильного агента. Під час ЗТП-сушіння під утворенням дисипативних структур розуміється розвиток поверхні випару за рахунок збільшення пористості матеріалу, що зневоднюється [2].

Збільшення пористості сушених харчових продуктів, тобто збільшення кількості пор та віддалення матеріалу від монопористої структури, сприяє збільшенню здатності отриманого продукту поглинати вологу та відновлювати свої властивості.

Висновки

Таким чином, за ізотермами сорбції контрольних зразків та швидковідновлювальних каш встановлено, що функція розподілення для каші, отриманої з використанням принципів ЗТП-процесу, має більшу ширину та найбільш імовірний радіус, що свідчить про розвиток пористої структури під час ЗТП-сушіння, і, як наслідок, підвищення функціонально-технологічних властивостей сушеної харчової сировини.

Робота виконана в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри енергетики та фізики Харківського державного університету харчування та торгівлі – № 06-11-13Б «Наукові обґрунтування енергоефективних процесів харчової промисловості».

Література

1. Пат. 2096962 РФ, МКИ А23 В7/03. Способ сушки пищевых продуктов / Н.И. Погожих, В.А. Потапов, Н.М. Цуркан (Украина). – №94033280/13. Заявл. 13.09.94, опубл. 22.06.89. БИ №40. – 3 с.
2. Погожих Н.И. Научные основы теории и техники пищевого сырья в массообменных модулях : Автореф. дис. ... доктора техн. наук / ХДАТОХ. – Харьков, 2002. – 35 с.
3. Цуркан, Н.М. Разработка рациональных режимов производства сушеного быстровосстанавливаемого картофеля : Автореф. дис. ... кандидата техн. наук / ХДАТОХ. – Харьков, 2000. – 20 с.
4. Пак, А.О. Розробка процесу сушіння плодово-ягідної сировини змішаним теплопідводом зі штучним пороутворенням : Автореф. дис. ... кандидата техн. наук / ХДУХТ. – Харків, 2008. – 20 с.
5. Пат. 48230 UA, МПК А23L 3/00. Установка для гидротермической обработки та сушіння крупи / О.І. Черевко, М.І. Погожих, М.В. Жеребкін, А.О. Пак, М.М. Цуркан (Україна). – №u2009 09646, Заявл. 21.09.2009, публ. 10.03.2010, Бюл. № 5. – 2 с.
6. Потапов, В.О. Структурно-енергетичний метод аналізу ізотерм сорбції-десорбції харчової сировини [Текст] / В.О. Потапов // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі: Зб. наук. пр. Харків: ХДУХТ, 2005. - Вип.1. - С. 313 - 322.
7. Потапов, В.А. Научные основы анализа и управления кинетикой сушки пищевого сырья [Текст] : дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12: защищена 18.05.07: утв. 05.11.07/ Потапов Владимир Алексеевич. - Харьков, 2007. - 348 с.

УДК 664-492.2:621.928.23

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРИРОВАНИЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ

**Батт А.В., канд. техн. наук, доцент, Чумаченко Ю.Д., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

В данной статье приводится решение сложной многофакторной экспериментальной задачи, связанной с отысканием оптимальных условий проведения технологических процессов и разработкой более рациональных конструкций оборудования.

This article provides a solution to a complicated multi-factor experimental task of finding the optimal conditions for manufacturing processes and develop more rational design of equipment.

Ключевые слова: вибрационное сепарирование, трудносыпучие продукты.

Для исследования процесса вибрационного сепарирования труднораспыляемых продуктов принят метод математического планирования и анализа эксперимента, который позволяет принимать решения в условиях неопределенности или при низком уровне априорной информации об изучаемом процессе. Наличие недостаточной априорной информации об изучаемом процессе позволяет поставить эксперимент в области, близкой к оптимальной, что значительно сокращает время экспериментирования и получения математической модели, адекватно отражающей реальный процесс. Оптимальное решение, найденное с помощью этой модели, рассматривают лишь как хорошую аппроксимацию оптимального решения реальной задачи. Однако ценность такой модели этим не снижается. Напротив, приближенная модель системы, позволяющая улучшить качество её функционирования, гораздо лучше точного описания системы, не обеспечивающего этой задачи.

Анализ опубликованных работ показал, что в большинстве случаев наиболее приемлемым критерием для оптимизации процесса сепарирования, характеризующим качественную сторону процесса, по мнению различных авторов, является показатель степени извлечения проходовой фракции, который определяется как отношение массы проходовой фракции, полученной в результате опыта P_{np} к массе её в исходной смеси $P_{исх}$:

$$E = \frac{P_{np}}{P_{исх}} \cdot 100\% . \quad (1)$$

Этот показатель является простым и удобным, имеет ясный физический смысл и отвечает требованиям, предъявляемым к критериям оптимизации.

Учитывая условия сепарирования на вибрационном сепараторе, а именно: подачу продукта с подпором, необходимо оценивать и количественную сторону процесса. Односторонняя количественная или качественная характеристика в этом случае не позволит полностью оценить процесс.

В качестве критерия, отражающего количественную сторону процесса, приняли производительность вибрационного сепаратора (Q , т/ч), которая определялась по результатам снятия баланса продукта по формуле:

$$Q = \frac{Q_o \cdot 3600}{t \cdot 1000} , \text{ т/ч}, \quad (2)$$

где Q_o — масса исходной смеси, поступающей в машину, кг;

t — время снятия баланса, с.

Таким образом, в качестве критериев, отражающих количественную и качественную стороны процесса, приняты показатель степени извлечения проходовой фракции и производительность вибрационного сепаратора.

При формализации любого объекта исследования важно установить его различные состояния и выбрать соответствующие влияющие факторы. Установление разнообразия состояний объекта зависит от поставленной цели и априорных данных об объекте. При этом важным является выбор такого состояния (выбор факторов и их значений), при котором обеспечивается установление оптимального состояния изучаемого объекта.

Предварительное изучение процесса сепарирования и многочисленных конструкций сепарирующих машин позволило определить совокупность факторов, наиболее существенно влияющих на эффективность процесса.

Обозначим эти факторы:

A — амплитуда колебаний рабочего органа;

V_u — средняя скорость перемещения частицы по ситам;

q — начальная подача;

H — толщина слоя продукта;

t — экспозиция сепарирования;

ω — частота колебаний;

α — угол наклона сита к горизонту;

d — размер отверстий сита;

c — физико-механические свойства продукта.

Одним из основных факторов, влияющим на процесс сепарирования, является амплитуда колебаний. Для рабочих органов, совершающих сложное пространственное движение, характерно наложение колебаний. Другими словами, точки рабочего органа совершают движения, которые можно представить, как результат наложения гармонических колебаний с одинаковой частотой, происходящих со сдвигом по фазе в различных направлениях. При этом траекторию точек представляют в общем случае эллипсоиды, длина и наклон осей которых определяются амплитудами составляющих колебаний и сдвигом фаз между

ними, причём их размеры по длине образующей рабочего органа вибрационного сепаратора различны, т. е. составляющие амплитуды колебаний в этих точках отличаются друг от друга. Следовательно, в результате различия кинематических режимов на отдельных участках рабочего органа от центра к периферии технологическая эффективность и производительность процесса вибрационного сепарирования на этих участках будут также различны. Это обстоятельство обуславливает необходимость учитывать значения составляющих амплитуды колебаний в различных точках по длине образующей рабочего органа, что существенно усложняет процесс исследования. Кроме того, конкретное значение амплитуды колебаний определяется соответствующим сочетанием значений других факторов. Для вибрационного сепаратора амплитуда колебаний является функцией частоты вращения вала вибратора, угла взаимного расположения дебалансов и их масс, которые, в свою очередь, являются также важными факторами, существенно влияющими на эффективность процесса вибрационного сепарирования и требующие самостоятельного включения каждого из них в эксперимент. При использовании их в сочетании с амплитудой колебаний в качестве факторов такие требования, предъявляемые к факторам при планировании эксперимента, как управляемость и однозначность, не выполняются, так как амплитуда колебаний является функцией многих переменных и её значение нельзя точно установить на каком-либо уровне, независимо от уровней остальных факторов. Другими словами, мы не можем изменять амплитуду колебаний, придавая ей в каждом опыте желаемое значение. Следовательно, в данном случае амплитуда колебаний не может являться фактором при планировании эксперимента.

Поэтому в технологических исследованиях вибрационного сепаратора с рабочим органом, совершающим сложное пространственное движение, правильнее говорить о факторах, функцией которых является амплитуда колебаний, что позволяет оценить влияние совокупности кинематических параметров, характеризующих режимы движения различных точек по длине образующей рабочего органа от центра к периферии, на эффективность процесса сепарирования. При этом сложный фактор-функция представляется с помощью простых однозначных факторов.

Для вибрационного сепаратора составляющую амплитуды колебаний в любой точке рабочего органа и в любом направлении с учетом основных конструктивных параметров колеблющейся части (рис. 1) в общем виде можно представить, как функцию:

$$A_{ij} = f(M_{к.ч}, m_в, m_н, l_1, l_2, l_3, l_4, \beta, \omega), \quad (3)$$

где A_{ij} — составляющая амплитуды колебаний в i -ой точке рабочего органа в j -ом направлении;
 $M_{к.ч}$ — масса колеблющейся части вибрационного сепаратора;
 $m_в, m_н$ — массы соответственно верхнего и нижнего дебалансов;
 l_1, l_2 — длины плеч соответственно верхнего и нижнего дебалансов относительно оси вращения;
 l_3, l_4 — длины плеч соответственно верхнего и нижнего дебалансов относительно центра тяжести колеблющейся системы;
 β — угол взаимного расположения дебалансов;
 ω — частота колебаний рабочего органа.

Масса колеблющейся части для данного сепаратора — величина постоянная. Длины плеч дебалансов установим на фиксированных уровнях, тогда представленная функция значительно упрощается:

$$A_{ij} = f(\beta, \omega, m_в, m_н). \quad (4)$$

Скорость перемещения частицы по рабочему органу является функцией:

$$V_q = f(\alpha, \beta, \omega, A_{ij}), \quad (5)$$

которую с учетом зависимости (4) можно записать, как

$$V_q = f(\alpha, \beta, \omega, m_в, m_н). \quad (6)$$

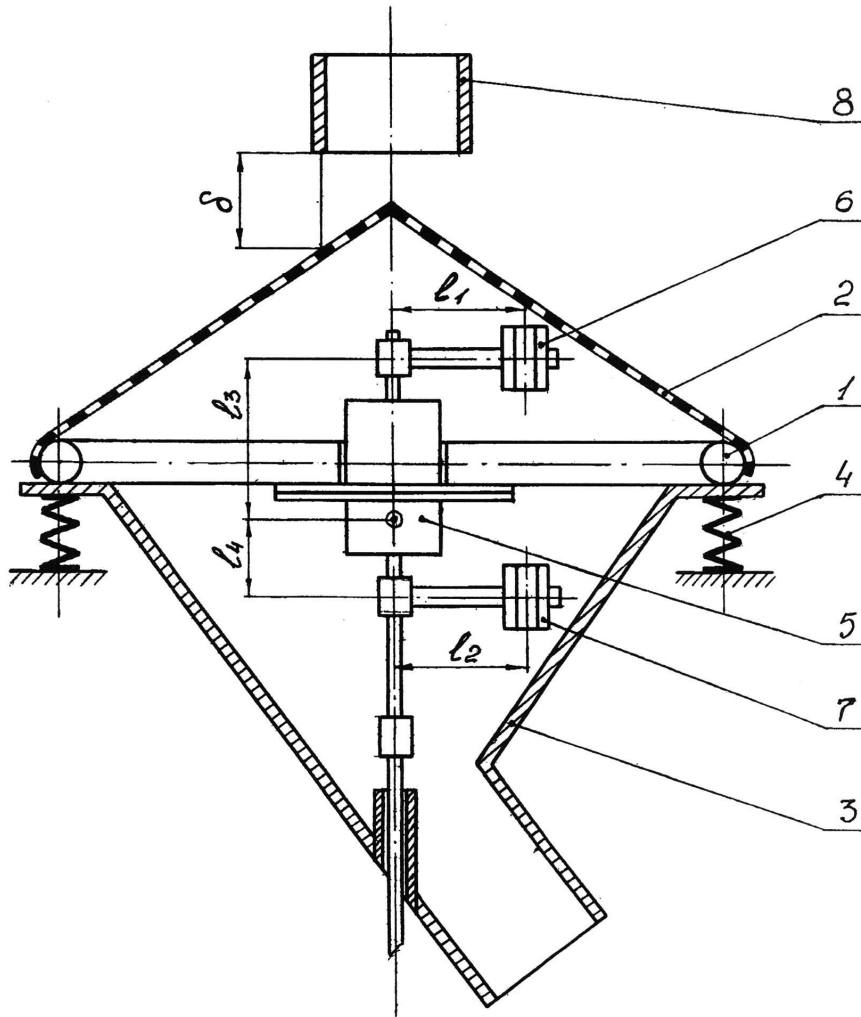
Начальная подача определяется массой, объемом или количеством частиц исходной смеси в единицу времени. В общем случае начальная подача является функцией:

$$q = f(S, V_q, \gamma), \quad (7)$$

где S — площадь поперечного сечения питающего патрубка;
 V_q — скорость движения частиц подаваемого продукта;
 γ — объемная масса продукта.

В ходе предварительных исследований установлено, что максимальная эффективность вибрационного сепаратора достигается путём подачи продукта на рабочий орган с подпором. В связи с этим необходимо отметить следующее. Обычно, в исследованиях процесса сепарирования нагрузка на рабочий орган назначается исследователем произвольно в априорно известных интервалах варьирования. В случае подачи продукта с подпором, нагрузка на рабочий орган вибрационного сепаратора зависит от сочетаний значений факторов, влияющих на процесс. При этом реализуется возможность оценить совместно коли-

качественную и качественную сторону процесса вибрационного сепарирования, так как количество продукта, поступающего в единицу времени на рабочий орган, будет зависеть от факторов, влияющих в то же время и на технологическую эффективность.



1 – ситовая рама; 2 – сито; 3 – конусный сборник; 4 – пружина; 5 – механизм вибратора; 6, 7 – соответственно, верхний и нижний дебалансы; 8 – питающий патрубок

Рис. 1 – Конструктивная схема колеблющейся части вибрационного сепаратора

С учетом сказанного начальная подача для вибрационного сепаратора будет являться функцией:

$$q = f(S, V_u, \gamma, H), \quad (8)$$

где H — начальная толщина слоя продукта.

В вибрационном сепараторе начальная толщина слоя продукта регулируется с помощью зазора (δ) между питающим патрубком и ситовой поверхностью (см. рис. 1), т. е.

$$H = f(\delta). \quad (9)$$

С целью упрощения зависимости (8), зазор между питающим патрубком и ситовой поверхностью установим на фиксированном уровне, т. е. $\delta = \text{const}$. Площадь поперечного сечения питающего патрубка и объемная масса каждого из исследуемых продуктов являются постоянными величинами. В связи с этим начальную подачу с учетом зависимости (6) можно записать, как

$$q = f(\alpha, \beta, \omega, m_b, m_n). \quad (10)$$

Из данной зависимости следует, что при неизменном зазоре между питающим патрубком и ситовой поверхностью начальная подача зависит от угла наклона сита, угла взаимного расположения дебалансов, их масс и частоты колебаний.

Экспозиция сепарирования является функцией:

$$t = f(V_q, T), \quad (11)$$

где T — траектория движения частицы по рабочему органу.

Траектория движения частицы является функцией следующих факторов:

$$T = f(\alpha, \beta, \omega, A_{ij}) \quad (12)$$

или с учетом зависимости (4):

$$T = f(\alpha, \beta, \omega, m_g, m_n). \quad (13)$$

Из функциональных зависимостей (6), (11) и (13) можно записать, что экспозиция сепарирования является функцией:

$$t = f(\alpha, \beta, \omega, m_g, m_n). \quad (14)$$

Таким образом, с учетом полученных функциональных зависимостей критерии оптимизации процесса вибрационного сепарирования являются функциями следующих факторов:

$$E, Q = f(\alpha, \beta, \omega, m_g, m_n, d, c). \quad (15)$$

Размер отверстий сита для каждого из исследуемых компонентов устанавливали на фиксированном постоянном значении. Физико-механические свойства продукта в течение эксперимента также остаются неизменными. В связи с этим математическая модель в общем виде процесса вибрационного сепарирования упрощается:

$$E, Q = f(\alpha, \beta, \omega, m_g, m_n). \quad (16)$$

В результате проведенного анализа основных функциональных зависимостей процессе вибрационного сепарирования с учетом методического подхода к исследованию (подача продукта с подпором) установлено, что основными факторами, существенно влияющими на процесс, являются угол наклона сита, частота колебаний рабочего органа, угол взаимного расположения дебалансов и их массы. Из общего числа выделенных факторов определены те, которые целесообразно и можно варьировать в ходе эксперимента и которые отвечают требованиям, предъявляемым к факторам.

При выборе интервалов варьирования факторов необходимо учитывать число уровней в исследуемой области, которые выбираются с учётом условий задачи и предполагаемых методов планирования эксперимента.

Известно, что если однофакторную зависимость нельзя представить линейными уравнениями, то в многомерном случае будет существенная кривизна. В связи с этим необходимо отметить, что однофакторные зависимости эффективности процесса сепарирования от угла наклона сита, частоты колебаний и угла взаимного расположения дебалансов описываются нелинейными уравнениями. На основании этого было принято решение использовать для исследования процесса вибрационного сепарирования трудно-сыпучих продуктов план второго порядка.

По мнению ряда исследователей при $k = 5$ наиболее целесообразно использовать, близкий к Д-оптимальному, план Хартли (Ha_5), который характеризуется относительно небольшим числом опытов ($N = 27$) и является наилучшим по величине определителя информационной матрицы. Кроме того, Д-оптимальному плану принадлежит наименьший объем эллипсоида рассеяния оценок параметров. Поэтому для исследования процесса вибрационного сепарирования использовали план Хартли второго порядка для пяти факторов.

Выводы

Обосновано, что при использовании математических методов планирования эксперимента в исследованиях процессов разделения на сепараторах, рабочие органы которых совершают сложное пространственное движение с учетом требований управляемости и однозначности, предъявляемых к факторам, методически целесообразнее применять в качестве управляющего фактора не амплитуду колебаний, а факторы функцией которых является амплитуда.

При оценке взаимосвязи факторов, влияющих на процесс вибрационного сепарирования, получена функциональная зависимость, отражающая влияние основных управляемых независимых переменных на технологическую эффективность и производительность вибрационного сепаратора.

Литература

1. Адлер О.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / О.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
2. Налимов В.В. Теория эксперимента [Текст] / В.В. Налимов. – М.: Наука, 1971. – 208 с.
3. Петрусов А.И. Зерноперерабатывающие высокочастотные вибрационные машины [Текст] / А.И. Петрусов. – М.: Машиностроение, 1975. – 40 с.

4. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
5. Федоров В.Г. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности [Текст] / Пищ. пром-сть, 1980. – 280 с.

УДК 664.743.02:519.876.5

ЕНЕРГООЩАДНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ ВОЛОГОЇ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ

Гапонюк І.І., канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Із підвищенням вологовмісту зерна зібраного урожаю суттєво погіршується ефективність та продуктивність роботи зерноочисних сепараторів. Розробленим способом змінення пошарового в частинках зернової суміші вологовмісту, впродовж незмінного пошарового градієнта вологи в периферійній шари, можна суттєво покращити сипкість та показники роботи сепаратора.

With an increase in the humidity of grain the effectiveness and the productivity of the work of separators considerably deteriorates. By the developed method of change in the layers of the particles of the grain mixture of moisture content it is possible to substantially improve friability and indices of the work of grain separator during constant gradient of moisture content.

Ключові слова: зерно, домішки зерна, сепаратор, пошаровий вологовміст.

Зерно зібраного урожаю (ЗЗУ) характеризується підвищеним, до (5...8) %, вмістом смітних домішок та перевищенням на (8...10) % критичної вологості зерна, що погіршує його якість, обмежує цільове використання і довготривале зберігання. Нормативною документацією встановлено обмеження до вмісту в ЗЗУ домішок і вологи та встановлено черговість операцій з післязбиральної обробки ЗЗУ. Зокрема, його спочатку слід очищати від різноманітних домішок до базисних кондицій, особливо рослинного походження, а потім сушити до так званого критичного вологовмісту [1, 2]. Вологість домішок рослинного походження, як правило, на 10 % і більше перевищує вологість зерна [3], негативно впливає на стан зберігання й техніко-економічні показники його сушіння та обмежує цільове використання ЗЗУ.

Очищають зерноsumіш різними способами. Проте для більшості з них спільним недоліком є суттєва залежність параметрів роботи сепараторів від вологовмісту зерноsumіші. Так, на кожен відсоток збільшення вологості ЗЗУ, продуктивність сепараторів зменшується на (4...5) %, і за даними зернозаготівельних та машинобудівельних підприємств їх фактична продуктивність з очищення сирого зерна може зменшуватися в 5-6 разів, до (16-18) % від паспортної продуктивності з очищення сухого зерна. Крім цього, погіршується також ефективність очищення ЗЗУ на (25-35) %.

Оскільки за даними Котова, Волошина, Тищенко, Рідного й інших дослідників, режимні та конструктивні напрямки інтенсифікації сепарування вичерпано, то у виробничій діяльності проблему зі зменшенням їх продуктивності вирішують екстенсивним способом, або в більшості випадків – порушенням послідовності технологій очищення і сушіння зерна. Це спричиняє погіршення технології сушіння і стану пожежобезпеки та обумовлює додаткові витрати енергії післязбиральної обробки зерна до (12-20) %.

Одним із напрямків вирішення зазначеної проблеми очищення ЗЗУ підвищеного вологовмісту може бути спосіб короткотривалого покращення її сипкості. Сутність цього способу зводиться до такого. Оскільки на продуктивність і ефективність роботи сепаратора суттєво впливає сипкість зерноsumіші, а її сипкість залежить від вологовмісту компонентів цієї зерноsumіші, то зменшуючи вологовміст лише поверхневих шарів частинок зерноsumіші, можна покращити показники роботи сепаратора впродовж незмінного градієнта пошарового вологовмісту частинок ЗЗУ. Можливість реалізації цього способу ґрунтується на значній уповільненості процесу внутрішнього, по шарах частинок ЗЗУ, перерозподілу вологи та незначній тривалості процесу сепарування. Із відомого коефіцієнта внутрішньої дифузії вологи (α_m) [4], для заданої тривалості сепарування і різних зерноsumішей, розрахунковим шляхом встановлювали параметри течії робочих газів конвективного способу вологообміну, щоб забезпечити задане зменшення вологовмісту лише поверхневих шарів частинок ЗЗУ на таку товщину, тривалість перерозподілу вологи між якими перевищує тривалість процесу сепарування ЗЗУ із поправкою на тривалість конвективного вологообміну.

На лабораторному ситовому сепараторі ЗЛС, для наближених до виробничих умов, було апробовано спосіб покращення сипкості компонентів ЗЗУ зміненням пошарового вологовмісту та уточнено коефіцієнти пропорційності в напівемпіричних рівняннях. Тривалість міжфазового вологовміну із малорухомим шаром ЗЗУ змінювалася в межах $\tau = 10 - 20$ с, температура робочих газів – $t_1 = 90 - 120$ °С, швидкість течії цих газів – $v = 0,1 - 0,4$ м/с. Вологість дослідних зразків ЗЗУ, порівняно із контрольними, зменшувалася лише на (0,10-0,25) %, температура не змінювалася, а їх сипкість покращувалася на (15-25) % впродовж (4-6) хв.

Розрахункові витрати енергії способу покращення сипкості зерноsumіші пшениці із вмістом домішок меншої натурної маси до 9 % становили (4,5-5,5) МДж/1т, що в перерахунку на вартість природного газу становить (0,94-1,15) грн/1т ЗЗУ (при вартості природного газу 3,4 грн/1 м³ та коефіцієнті корисного використання теплоти 0,45).

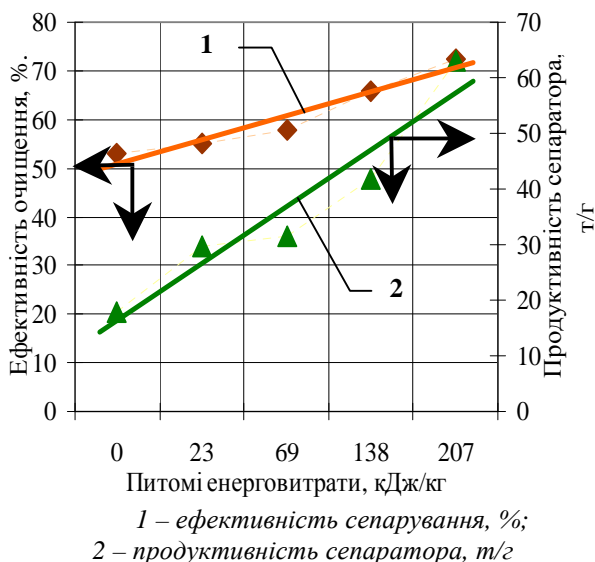


Рис.1 – Залежність параметрів роботи ситового сепаратора від енергії зневоднення газами поверхневих шарів частинок зерноsumіші

на 1 грн витрат енергії.

Спосіб покращення сипкості зернової суміші та режими його реалізації теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено для зерна пшениці, жита та ячменю. Отримані напівемпіричні залежності витрат теплоти робочих газів із параметрами зернової суміші і показниками роботи ситового сепаратора дозволяють оптимізувати режими їх реалізації.

Висновки

1. У діапазоні зростання вологості суміші пшениці $W_0 = 13 - 33$ % і вмісту домішок ($\delta = 6\%$) продуктивність роботи ситового сепаратора зменшується більш як удвічі і змінюється за лінійною залежністю: $G = -0,0095 \cdot (\partial W / \partial \tau) + 0,58$, а ефективність сепарування погіршується до 30 %.

2. Із підвищенням вмісту вологи зерноsumіші збільшуються кути зовнішнього і внутрішнього тертя, особливо домішок меншої натурної маси (на 0,7...0,9 % на кожен відсоток підвищення їх вологості), і зменшується продуктивність роботи ситових сепараторів на (4,5...5,5) % на кожен відсоток збільшення вологості зернової суміші.

3. Зміною вологості лише поверхневих шарів частинок зернової суміші можна суттєво покращити сипкість та продуктивність і ефективність роботи

Такий спосіб покращення сипкості ЗЗУ, порівняно із контрольними зразками, забезпечує кількакратне збільшення продуктивності ситового сепаратора ЗЛС та покращення ефективності очищення зерноsumіші на (25-35) % (рис.1).

Окупність витрат на реалізацію розробленого способу покращення сипкості ЗЗУ без врахування енергії на пересушування домішок у сушарці, вартості додаткового зерноочисного устаткування та виробничих приміщень для розміщення цього устаткування представлено на рис. 2.

Із наведених на рис. 2 даних видно, що для даного способу і режиму тепловологообміну прибутковість технології покращення роботи сепаратора найбільша (до 8...9 грн прибутку на 1 грн витрат енергії) при зневодненні лише периферійних шарів частинок ЗЗУ, тобто за питомих витрат енергії до $2,9 \cdot 10^{-3}$ грн/кг. Із подальшим збільшенням витрат енергії зростає частка витрат підведеної зерноsumіші енергії на її зневоднення і прибутковість технології покращення роботи сепаратора зменшується до (1,8...2,2) грн прибутку

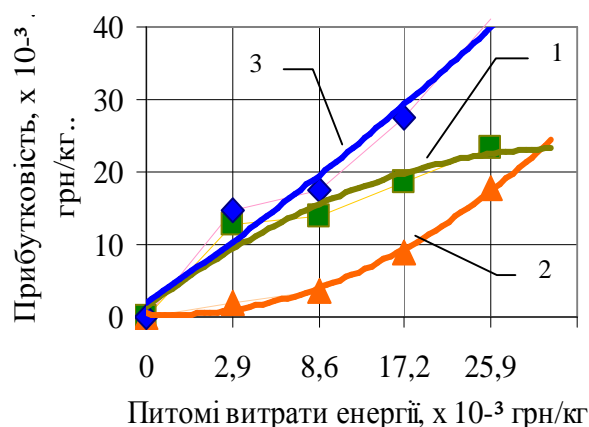


Рис. 2 – Збільшення продуктивності сепаратора від вартості енергоносіїв

ситового сепаратора.

4. Для практичного застосування найбільш доцільним є конвективний спосіб покращення сипкості ЗЗУ. Параметри робочих газів і їх течії для різних зерноsumішей і стану рухомості шару відмінні.

5. Для способу покращення сипкості зерноsumіші зерна пшениці вологості до 25 %, вмісту домішок до 9 % та тривалості її сепарування до 6 хвилин, економічно доцільними є витрати енергії 4,5-5,5 Дж/1т при температурі робочих газів $t_0 = 110 - 140$ °С і швидкості їх течії $v = 0,3 - 0,5$ м/с.

6. Отримані напівемпіричні рівняння залежності продуктивності та ефективності сепарування зерноsumіші від її вологості на ситовому сепараторі дозволяють оптимізувати витрати теплоти.

Література

1. Правила по организации и ведению технологического процесса на элеваторах. – М.: Министерство заготовок СССР, 1972. – 49 с.
2. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. – Одеса-Київ, 1997. – 72 с.
3. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
4. Гинсбург А.С. Теплофизические свойства зерна, муки и крупы / А.С. Гинсбург, М.А. Громов. – М.: Колос, 1984. – 304 с.
5. Тищенко Л.М. Интенсификация сепарирования зерна // – Харьков: – Основа. – 2004. – 222 с.

УДК 664.788

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ «ЛЕГКИХ» ГРЕЧАНИХ ЗЕРЕН

Шаповаленко О.І., д-р техн. наук, професор,
Григірчак Н.М., канд. техн. наук, доцент, Фурманова Ю.П., асистент,
Корж Т.В., канд. техн. наук, доцент, Гриценюк К.С., магістр, Прошенко О.В., студент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

У статті розглянуто можливість розділення суміші гречаних продуктів після обробки зерна гречки електромагнітним полем надвисоких частот (ЕМП НВЧ) та досліджено їх якісні показники. Використання сит із трикутними отворами дає можливість відділити «легкі» гречані зерна від лузги, нерозкритих зерен. Розроблено математичну модель з метою оптимізації процесу сепарування.

Ключові слова: «легкі» зерна гречки, ЕМП НВЧ, НВЧ-обробка.

Метод обробки зернових продуктів у електромагнітному полі надвисоких частот (ЕМП НВЧ) є на сьогоднішній день досить популярним. Окрім побутових приладів, так званих мікрохвильових печей, які широко використовуються в побуті, розроблені й використовуються і промислові установки. Зокрема для обробки зернових продуктів у ЕМП НВЧ можна використовувати установки типу «Бархан», «Муссон», «Декстрин» [1, 2].

Розроблена нами технологія дозволяє шляхом обробки зерна гречки у ЕМП НВЧ одержати новий харчовий продукт – «легкі» гречані зерна. Це приємний на смак і запах об'ємний, мікропористий продукт, готовий до вживання. Для отримання «легких» зерен необхідно створити умови миттєвого випаровування води [3]. При інтенсивному нагріванні зерна гречки в мікрохвильовій установці волога, яка знаходиться у продукті, випаровується. Відомо [6], що при підведенні тепла ззовні (наприклад у вигляді гарячого повітря) відбувається поступове випаровування вологи з поверхні продукту, а потім зона випаровування заглиблюється всередину зернівки. Пара, що утворюється, дифундує назустріч тепловому потоку, перегріваючись за рахунок тепла, що підводиться, тобто явища переносу вологи всередині матеріалу під впливом перепаду температури (термовологопровідність), і забезпечує можливість утворення повітряної мікропористої структури продукту при перепаді тиску. Під час НВЧ-обробки відсутнє зовнішнє підведення тепла до зернівки. Під дією ЕМП НВЧ молекули води починають рухатися, нагріваються по всьому об'єму продукту, і пара, що утворюється при цьому, розриває зернівку з утворенням «легких» зерен із мікропористою структурою.

Таким чином, необхідною умовою утворення «легких» зерен є приведення системи до рівноважного, стабільного стану постійного випаровування вологи. Швидкість випаровування залежить від тривалості

знаходження зерна гречки в ЕМП НВЧ та потужності поля. Однак, тривалість впливу і температура лімітовані термічною лабільністю харчових продуктів.

З метою спрощення технологічного процесу і, як наслідок, здешевлення виробництва готових «легких» зерен нами були проведені дослідження щодо процесу лущення гречки при обробленні її в ЕМП НВЧ. Відомо, що процес лущення гречаних крупів – це складний енергоємний процес. Попередньо пропарену і охолоджену гречку розділяють на фракції і шляхом багаторазових пропусків через вальцьодекові верстати кожної фракції окремо позбавляються від оболонки [5].

Дослідження показали, що пропарена фракціонована гречка утворює у ЕМП НВЧ мікропористу структуру гарної якості, при цьому, збільшуючись у (1,5...2) рази в об'ємі, самостійно позбавляється плодкових оболонки. Проведені дослідження показали, що ефективність лущення зерна гречки даним способом становить 75,2 %. Розрахунки були проведені згідно з методикою, викладеною в літературі з технології виробництва круп [4].

Таким чином, після обробки зерна гречки у ЕМП НВЧ отримували суміш із «легких» зерен, лузги, нелущених зерен гречки і мучки. Частина «легких» зерен залишалася з прикріпленими до них оболонками. Проте, оболонки легко відділялися вручну. Було висунуто припущення, що в ході сепарування «легкі» зерна остаточно звільняються від плодкових оболонки.

Для підбору оптимальних режимів розділення гречаних продуктів нами було досліджено їх фізико-технологічні характеристики (таблиця 1).

Таблиця 1– Фізико-технологічні властивості гречаних продуктів

Продукт	Вологість, %	Об'ємна маса, кг/м ³	Густина, г/см ³	Лінійні розміри, мм	Кут природного ухилу, град	Статичний коефіцієнт тертя об поверхню	
						дерева	сталі
«Легкі» гречані зерна	4...7	85	0,143	8...11 × 6...9	30	0,57	0,44
Лузга	4...7	100	0,500	4...6 × 5...6	28	0,67	0,46
«Легкі» гречані зерна з прикріпленими оболонками	4...7	210	0,715	7,5...8 × 6...6,5	25	0,50	0,42
Нелущені зерна	4...7	625	1,000	4,5...6 × 3,0...4,5	32	0,72	0,40

Аналіз даних табл. 1 показав, що найкраще розділяти досліджувані продукти на ситах, оскільки вони (продукти) максимально відрізняються за лінійними розмірами. Також можна використати значну різницю в об'ємній масі нелущених зерен і всіх інших продуктів. Кути природного ухилу гречаних продуктів свідчать про незначні відмінності у їх сипкості. Очевидно, серед усіх інших факторів цьому також сприяє їх однакова вологість.

Таким чином, для відділення «легких» гречаних зерен обрали сита. Навантаження на сита в усіх дослідях не змінювалося і становило 100 г продукту, а час сепарування – 15 хв.

Спочатку на ситах із круглими отворами розділяли продукти, отримані після обробки ЕМП НВЧ нефракціонованої гречки. Поставлене завдання не було вирішено (рис. 1), оскільки з різних за розміром зерен гречки утворювалися продукти різних розмірів. Як наслідок, у кожному сході з обраних сит було, як мінімум, три продукти: легкі зерна, лузга і легкі зерна із прикріпленими оболонками. Тому було прийнято рішення обробляти гречку ЕМП НВЧ пофракційно. Очікували, що це дасть можливість ефективніше проводити процес сепарування.

У результаті сепарування гречаних продуктів на ситах отримували дві фракції продуктів, які відрізнялися вмістом лущених («легких») і нелущених зерен. Чим менше у фракції лущених зерен нелущених зерен і навпаки, у фракції нелущених – лущених, тим вища ефективність процесу. Ідеальний випадок сортування, коли в одній фракції лише лущені зерна, а в іншій – лише нелущені. При цьому ефективність розділення суміші дорівнює 1. У всіх інших випадках ефективність розділення суміші нижче 1, а якщо склад отриманих при сортуванні продуктів однаковий і відповідає складу вихідної сировини, то ефективність дорівнює нулю [4].

Ефективність розділення суміші гречаних продуктів після обробки I фракції гречки (схід із сита \varnothing 4,5 мм) ЕМП НВЧ на ситах із круглими отворами становить 0,81 за формулою Хенкока Р.Т. та 0,71 за формулою Гінзбурга М.Е., Зубкової Л.С. згідно з методикою, викладеною в літературі з технології виробництва крупи [4].

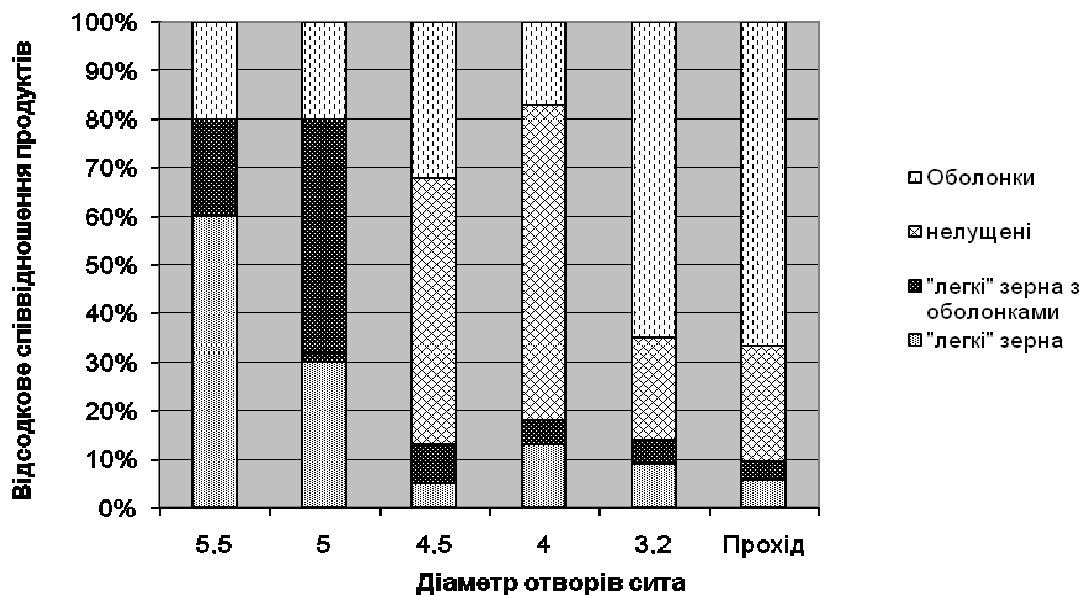


Рис. 1 – Діаграма розподілу продуктів сепарування на ситах із круглими отворами

Проте, після просіювання продуктів лущення на ситах із круглими отворами у «легких» зернах залишалася значна частина лузги (до 20 %). Крім того, деякі плодові оболонки залишалися прикріпленими до «легких» зерен (до 20 %). Для відділення прикріплених плодових оболонок спробували просіювання в присутності гумових кульок. Це призвело до значного погіршення якості «легких» зерен, а саме до їх подрібнення. Ефективність відділення «легких» зерен зазначеним способом недостатня, тому було прийнято рішення використати сита з трикутними отворами.

У зв'язку з тим, що після обробки зерна гречки ЕМП НВЧ утворювалося п'ять продуктів («легкі» зерна, лузга, «легкі» зерна з прикріпленими оболонками, нелущені зерна і мучка), для їх розділення було використано комплект сит відповідно до оброблюваної фракції. Таким чином, для сепарування продуктів із зерна гречки I фракції використовували набір сит з отворами \varnothing 2,5 мм для відбору мучки і ∇ 6,5 мм, ∇ 6,0 мм для розділення решти продуктів. Результати сепарування наведені на рис. 2.

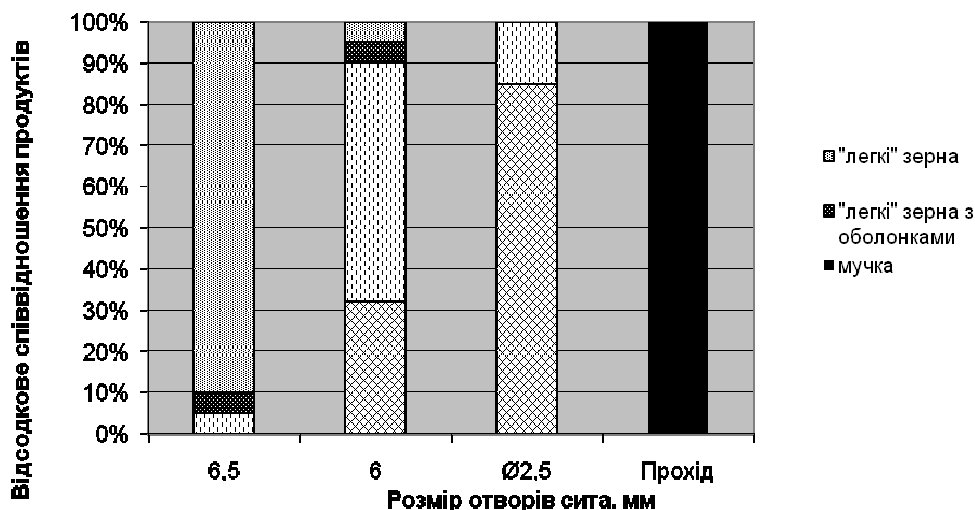


Рис. 2 – Діаграма розподілу продуктів сепарування з використанням сит із трикутними

Таблиця 2 – Рівні факторів та інтервали їх варіювання

Найменування показника	Позначення показника	Досліджувані фактори		
		x_1 (м _с , г)	x_2 (l, мм)	x_3 (т, хв.)
Нульовий рівень фактора	x_i^0	85	6	15
Інтервал варіювання	λ_i	65	1	10
Верхній рівень	x_i^+	150	7	25
Нижній рівень	x_i^-	20	5	5

Таблиця 3 – План та результати оптимізаційного експерименту

Номер досліду	Рівні факторів			Середнє значення критерію оптимальності Y (E), %
	x_1 (м _с , г)	x_2 (l, мм)	x_3 (т, хв)	
1	20	5	5	9
2	150	5	5	15
3	20	7	5	73
4	150	7	5	69
5	20	5	25	26
6	150	5	25	20
7	20	7	25	75
8	150	7	25	82

У результаті реалізації повного факторного експерименту та математичного оброблення отриманих даних було розраховано коефіцієнти рівняння регресії, проведено оцінку їх суттєвості. Після вилучення несуттєвих коефіцієнтів адекватне рівняння регресії має вигляд:

$$Y = 46,125 + 28,625x_2 + 4,625x_3 + 2,875x_1x_2x_3$$

Для відшукування оптимальних умов процесу сепарування використовували метод крутого сходження. Розрахунки, необхідні для здійснення нового експерименту, проводили згідно з методом, описаним П.М. Мальцевим та Н.А. Ємельяною з використанням коефіцієнтів при факторах x_2 і x_3 [7]. Коефіцієнт при x_1 у рівнянні регресії виявився несуттєвим, тобто нульовий рівень цього фактора співпав з оптимальним його значенням. Тому навантаження на сита в усіх досліджах екстремального експерименту було однаковим і становило 85 г. Розрахунок плану «крутого сходження» і його результати наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Розрахунок плану «крутого сходження» і його результати

Рівень	Фактори		Значення функції відгуку Y (E, %)
	x_2 (l, мм)	x_3 (т, хв.)	
Основний	6	15	-
Інтервал варіювання	1	10	-
b_i	28,625	4,625	-
$b_i \lambda_i$	28,625	46,25	-
Крок при зміні $x_2 - 0,5$ мм	0,5	0,8	-
заокруглення	0,5	1	-
План екстремального експерименту:			
Дослід: 9	6,5	16	97
10	7,0	17	80
11	7,5	18	35

Реалізація процесу сепарування за методом Бокса-Уілсона («круте сходження») дозволила визначити, що оптимальні значення його параметрів такі: час сепарування – 16 хв, розміри трикутних отворів сита – ∇ 6,5 мм (табл. 4). При цьому ефективність процесу сепарування, розрахована за результатами експерименту за формулою Гінзбурга М.Е., Зубкової Л.С., становить 97 %.

Висновки

1. Результати досліджень показали, що фізико-технологічні властивості суміші продуктів, отриманих після оброблення зерна гречки ЕМП НВЧ, дозволяють розділити їх шляхом просіювання на ситах.

2. Розділення суміші гречаних продуктів проходить краще на ситах із трикутними отворами. При цьому вдається ефективно відділити нелущені зерна гречки і «легкі» гречані зерна. Трикутна форма отворів сприяє відділенню прикріплених до «легких» зерен оболонки, а також кращому просіюванню оболонки.

3. Розроблена математична модель для ефективного відділення «легких» гречаних зерен із суміші продуктів, отриманих після оброблення зерна гречки ЕМП НВЧ. Оптимальні значення параметрів процесу такі: час сепарування – 16 хв, розміри трикутних отворів сита – ∇ 6,5 мм, навантаження на сита – 85 г.

Література

1. www.ingredient.su/news/48
2. http://aviron.at.ua/publ/mikrovolnovaja_tekhnologija_shag_v_budushhee_agrarnoj_otrasli/1-1-0-6
3. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / под ред. А. Н. Богатырева и В. П. Юрѳева. – М.: Ступень, 1994
4. Мельников Е.М. Технология крупяного производства. – М.: Агропромиздат, 1991. – 2008 с.
5. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К, 1998. – 162 с.
6. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. – 296 с.
7. Мальцев П. М., Емельянова Н.А. Основы научных исследований. – К.: Вища школа, 1982. – 192 с.

УДК 636.085.552:636.7/8

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ВОЛОГИХ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор, Бордун Т. В., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Розглянуто різні способи і технології виробництва вологих комбікормів для домашніх тварин.
It is examined different ways and a technology of the moist mixed fodders for domestic animals.*

Ключові слова: вологий комбікорм, домашні тварини, технологія, м'ясокістковий фарш, заморожені субпродукти, ковбаси, консерви.

На сьогоднішній день у розпорядженні господарів домашніх тварин є широкий асортимент готових комбікормів, що дозволяє їм зробити правильний вибір відповідного режиму годівлі їх улюбленців. При використанні готових кормів процес годівлі собак і котів у будь-який період їх життя значно спрощується. При цьому необхідно зазначити, що процес годівлі домашньої тварини повинен бути приємним як для самої тварини, так і для її господаря. Але цього можна досягти лише в тому випадку, якщо тварина із задоволенням поїдає корм, який їй пропонують, і її раціон повністю збалансований за всіма необхідними поживними речовинами. Готові корми в поєднанні з правильно обраним режимом годівлі зміцнюють здоров'я тварини, а також відповідають її сподіванням щодо смакових якостей та очікуванням господаря щодо ціни і зручності приготування. Ретельний нагляд за зовнішнім виглядом та поведінкою тварини дозволяють встановити правильний раціон для свого улюбленця і визначити його вподобання щодо того чи іншого виду корму. Проте якісних комбікормів вітчизняного виробництва на ринку України практично немає. Перед нами постало завдання провести аналіз доступних у науковій літературі способів і технологій виробництва вологих комбікормів для домашніх тварин.

Нами було вивчено існуючі різні схеми побудови технологічного процесу виробництва вологих кормів для домашніх тварин. За технологією, структурну схему якої наведено на рис. 1, кісткові залишки після механічного обвалювання тушок тварин, птиці та відходи м'ясопереробного виробництва подрібнюють, (формуєть), заморожують і одержують м'ясокістковий фарш [1, 4], а також за технологією, структурну схему якої наведено на рис. 2, субпродукти I та II категорій подрібнюють, заморожують і одержують заморожені субпродукти [4]. Оскільки за цими технологіями до складу вологого корму входять лише кісткові залишки, відходи м'ясопереробного виробництва та субпродукти, то цей корм не можна вважати повноцінним і використовувати для основної годівлі тварини. Доцільно використовувати його лише як додаткове харчування у комплексі з іншими компонентами. Метод заморожування, який у даному випадку використовується для зберігання якісних показників і збільшення терміну зберігання, є

енерговитратним, оскільки продукт зберігають протягом тривалого часу з подальшим погіршенням його органолептичних і біохімічних властивостей.

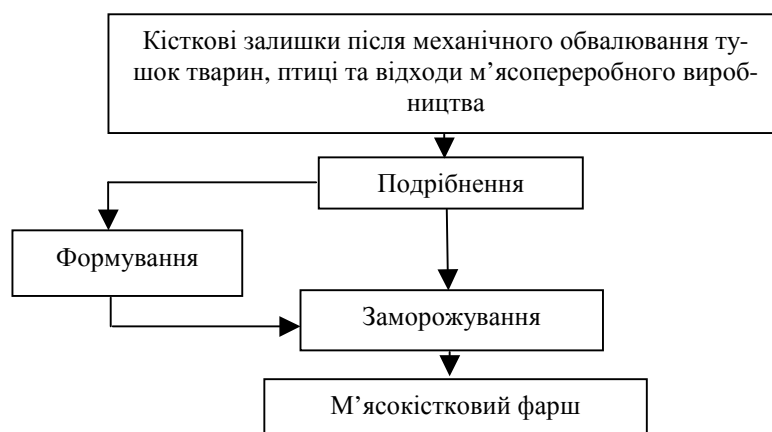


Рис. 1 – Структурна схема технологічного процесу виробництва корму (м'ясокісткового фаршу) для домашніх тварин [1, 4]

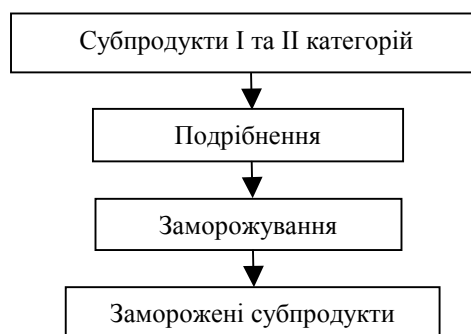


Рис. 2 – Структурна схема технологічного процесу виробництва корму (заморожені субпродукти) для домашніх тварин [4]

За технологією, структурну схему якої наведено на рис. 3, відходи м'ясних виробництв подрібнюють із подальшою електрогідравлічною обробкою, з метою більш глибокої стерилізації корму і підвищення його поживної цінності. Оброблені субпродукти надходять у ємність, де готують кормосуміш відповідно до раціону [5]. Метод електрогідравлічної обробки сприяє збереженню і підвищенню поживних речовин корму, але не забезпечує повної стерилізації протягом довготривалого зберігання.

За технологією, структурну схему якої наведено на рис. 4, кісткові залишки після механічного обвалювання птиці та відходи м'ясопереробного виробництва подрібнюють, змішують із соєю та ферментованим рисом, залишками борошна та висівками, сіллю та водою. Готову масу формують у вигляді так званих "ковбасних батончиків", які кліпсують і піддають термічній обробці. Оскільки за цією технологією компоненти, які входять до складу вологого корму, аналогічно попереднього, не забезпечують збалансованості корму за основними поживними речовинами, це робить його неповноцінним для нормального харчування тварин. Метод термічної обробки, який у даному випадку використовується для покращення якісних властивостей і збільшення терміну зберігання, є не досить ефективним, тому що така продукція може зберігатися лише протягом 48 годин при температурі $(2 \pm 6) ^\circ\text{C}$ [6, 7].

За технологією, структурну схему якої наведено на рис. 5, заморожені блоки м'ясної сировини або кісткові залишки після механічного обвалювання частин тушок птиці піддають розморожуванню з подальшим подрібненням до необхідної крупності. Може вводиться зернова сировина, яка очищується від металоманітних домішок і замочується. Якщо передбачено введення жиру (тваринний яловичий або кістковий), то його піддають плавленню. Підготовлені компоненти, а також воду/кров перемішують, фасують і піддають стерилізації [1, 3, 8-14].

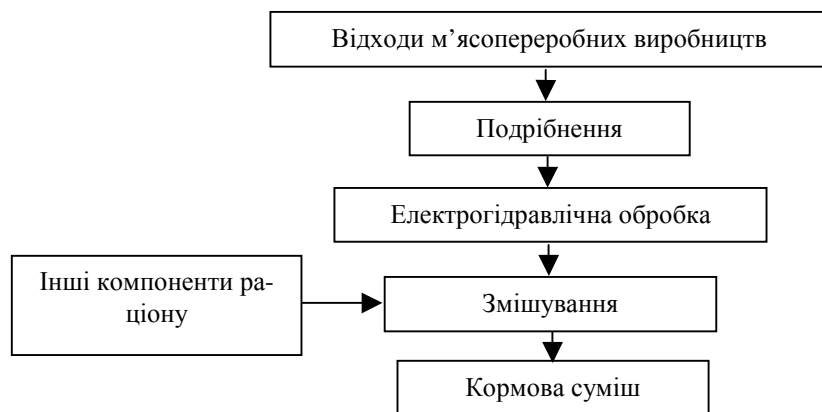


Рис. 3 – Структурна схема технологічного процесу виробництва кормової суміші для домашніх тварин [5]

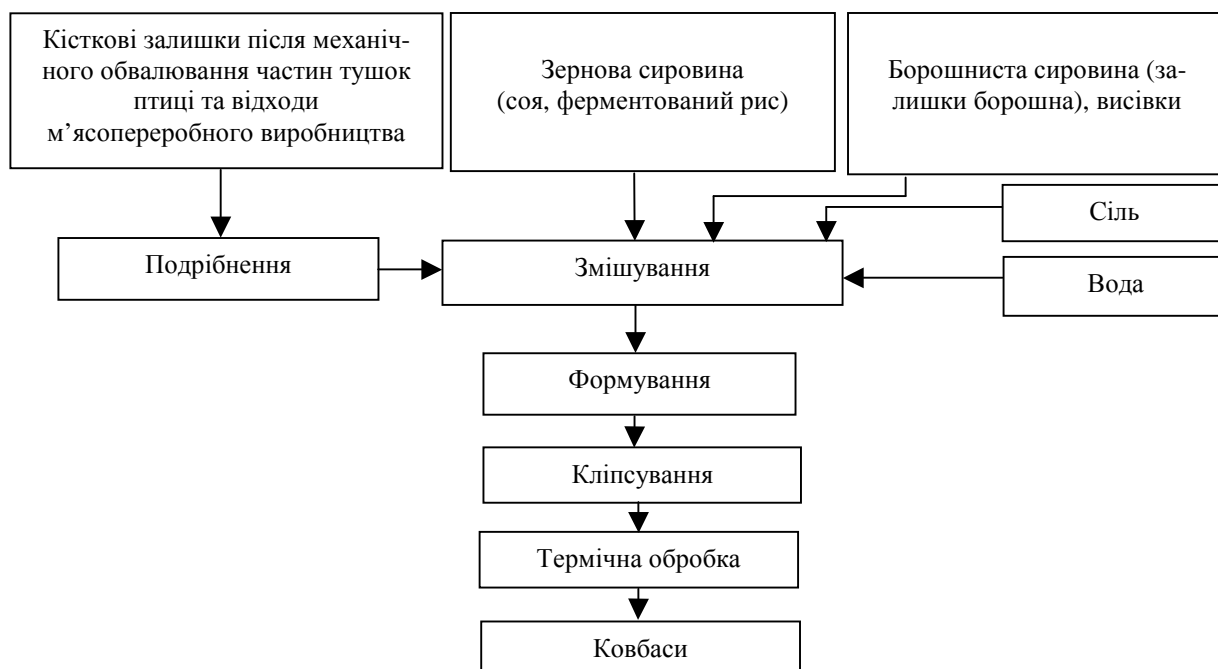


Рис. 4 – Структурна схема технологічного процесу виробництва корму (ковбас) для домашніх тварин [6, 7]

Метод термічної стерилізації, що використовується у даній технології, дозволяє суттєво збільшити термін зберігання готового продукту без погіршення його якості, але перелік компонентів, які входять до складу вологого корму, як і в попередніх технологіях не забезпечує збалансованості корму за основними поживними і біологічно активними речовинами. Як наслідок, спостерігається незбалансований за білковим, жирнокислотним складом, вмістом вітамінів і мінеральних речовин корм, що робить його неповноцінним для щоденної повноцінної годівлі домашніх тварин.

Отже, узагальнюючи розглянуті технологічні процеси виробництва вологих комбікормів і складу сировинної бази, можна зробити висновок, що жоден із них не забезпечує одночасно високої якості комбікормів при збалансованості поживних та біологічно активних речовин у їх складі, що потребує запровадження техніко-технологічних інноваційних рішень.

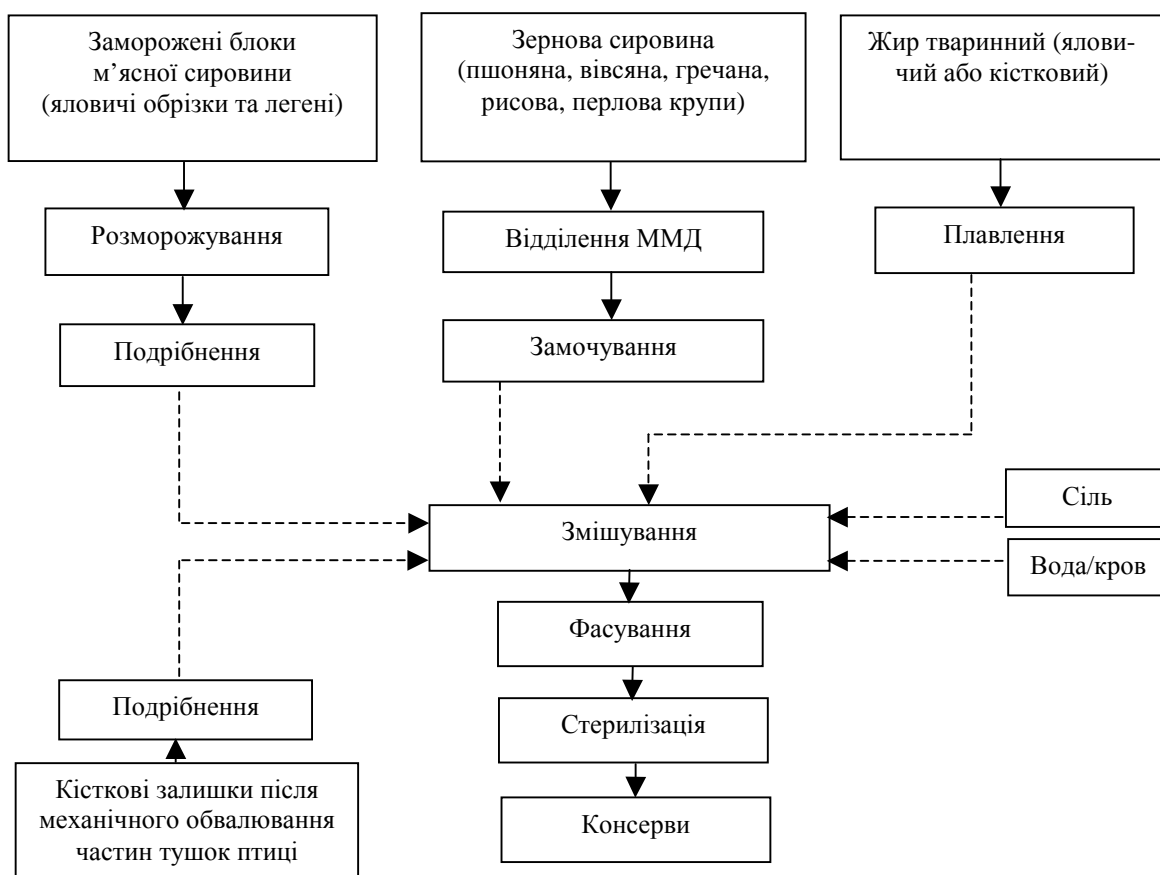


Рис. 5 – Структурна схема технологічного процесу виробництва м'ясорослинного корму (консервів) для домашніх тварин [1, 3, 8-14]

Література

1. Орешкин Е.Ф. Производство кормов для домашних животных: Обзорная информация [Текст] / Е.Ф. Орешкин, Ю.Г. Костенко, С.К. Апраксина. – М.: Агро НИИТЭИММП, 1992. – 28 с.
2. Сницарь А.И. Кормовая добавка для собак [Текст] / А.И. Сницарь, Э.В. Бесланев, К.Н. Сон, А.В. Мурачев, Д.А. Мурачев // Мясная индустрия. – 2001. – № 8 – С. 43 – 45.
3. Орешкин Е.Ф. Производство кормов для домашних животных [Текст] // Мясная промышленность. – 1992. – № 2. – С. 13.
4. Перельдик Н.Ш. Кормление пушных зверей [Текст] / Н.Ш. Перельдик, Л.В. Милованов, А.Т. Ерин. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
5. А. с. 820006 А1 СССР, МКИ³ А23К 1/10. Способ приготовления мясных кормов [Текст] / Л.А. Юткин, А.С. Бессонов, А.К. Постоев, А.В. Успенский, Н.М. Геворкян (СССР). – № 2449232/15; заявл. 02.02.1977; опубл. 07.12.1992, Бюл. № 45.
6. Декл. пат. 51506 Україна, МПК⁷ А23К 1/10, 1/16. Спосіб приготування корму (ковбаси) для кішок та собак “Кіт та пес” [Текст] / Сопелкін І.С.; заявник і патентовласник ЗАТ “Продовольча компанія “Юнкерс””. – № 2002043048; заявл. 15.04.2002; опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11.
7. Клименко М.М. Технологія виробництва варених кормів з подовженням терміном зберігання [Текст] / М.М. Клименко, О.А. Топчій, В.М. Пасічний // Мясной бизнес. – 2006. – № 4. – С. 79 – 81.
8. Войцеховская Л.У. “Верные друзья” для собак и кошек [Текст] / Л.У. Войцеховская, А.Н. Старчева, И.В. Желовская // Мясной бизнес. – 2004. – № 10 – С. 28.
9. Пасичный В.Н. Новое в производстве консервов для домашних животных [Текст] / В.Н. Пасичный, М.Н. Клименко, А.А. Буша. // Мясной бизнес. – 2004. – № 1 – С. 16 – 18.
10. Пат. 2106787 Российская Федерация, МПК⁷ А23К 1/10. Мясной корм для собак “Чемпион +” [Текст] / Субботин Д.Е., Коршунова И.А., Костенко Ю.Г., Орешкин Е.Ф. – № 97109038/13; заявл. 16.06.1997; опубл. 20.03.1998.

11. Пат. 2106788 Российская Федерация, МПК⁷ А23К 1/10. Мясорастительный корм для собак "Чемпион +" [Текст] / Субботин Д.Е., Коршунова И.А., Костенко Ю.Г., Орешкин Е.Ф. – № 97109039/13; заявл. 16.06.1997; опубл. 20.03.1998.
12. Пат. № 2038803 Российская федерация, МПК⁶ А23К 1/10. Способ приготовления корма для животных [Текст] / Беляев М.И., Дейниченко Г.В., Гутиков В.В., Дьяконов Н.П., Литвиненко А.П. – № 4939993/15; заявл. 31.05.1991; опубл. 09.07.1995.
13. Пат. № 2195131 Российская федерация, МПК⁷ А23К 1/10, 1/16. Мясорастительный корма для домашних животных [Текст] / Данилов В.Н., Трофименко Т.Н., Межевикина Т.Н. – № 2001117014/13; заявл. 18.06.2001; опубл. 27.12.2002.
14. Пат. № 98122516 Российская федерация, МПК⁷ А23К 1/10, 1/14, 1/18. Корм для кошек [Текст] / Квартникова Е.Г., Харченко Е.А. – № 98122516/13; заявл. 18.12.1998; опубл. 20.10.2000.

УДК 636.087:664.95-03:66.046:005.336.3

ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ НА САНІТАРНУ ЯКІСТЬ ЕКСТРУДОВАНОЇ КОРМОВОЇ СУМІШІ З РИБНОЮ СИРОВИНОЮ

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор., чл.-кор. НААН України, Фігурська Л.В., аспірант,
Труфкаті Л.В., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведено дослідження впливу теплової обробки (екструдуювання) на зміну мікробіологічних показників якості кормової добавки зі вмістом рибної сировини. Досліджено зміну мікробіоти кормової добавки протягом 6 місяців зберігання у нерегульованих умовах.

The article presents the research of influence of heat treatment (extrusion), in replacement of microbiological indicators of the quality of the fodder additive with the content of the raw fish. The change in the micro-biota stern additives for 6 months of storage in the non-regulated conditions was investigated.

Ключові слова: кормова добавка, екструдуювання, мікробіологічні показники якості, санітарна якість.

Особливості анатомічної будови органів травлення, обмежені можливості засвоєння їжі потребують при створенні раціонів для відгодівлі риби використання високобілкової сировини тваринного і рослинного походження. Постійне підвищення вартості тваринних компонентів, які, головним чином, до того ж імпортують, вимагає від виробників і науковців пошуку нових видів сировини та впровадження новітніх технологій у виробництво. Використання рибних відходів і малоцінної риби у годівлі різних видів риб, птахів, сільськогосподарських тварин є перспективним напрямом покращення забезпеченості високоякісними білками рибних комбікормів.

На сьогодні отримав поширення спосіб переробки відходів тваринного походження, в основі якого лежить технологія сухої екструзії. Перспективним є збагачення зернового компонента рибною сировиною. Технологія збагачення була розроблена і запропонована американськими спеціалістами у 1995 році як спосіб утилізації усіх харчових відходів у кормові продукти. Технологія екструзії утилізації біологічних відходів, розроблена компанією Wenger Manufacturing (США), включає попередню термообробку суміші в кондиціонері екструдера, екструдуювання з пропарюванням і сушку екструдату. Необхідність операцій пропарювання і сушіння робить дорожчим і ускладнює процес, оскільки, крім електроенергії, потрібне застосування інших енергоносіїв (пари і газу). Технологія компанії Insta Pro (США) не вимагає пропарювання, проте вологість отриманого екструдату перевищує (14-16) %, оскільки зберігання продуктів такої вологості не допускається, для забезпечення досить тривалих термінів зберігання екструдат також додатково підсушують. Недоліки вищезазначених технологій вдалося подолати колективу російських фахівців під керівництвом В. Плітмана, що запропонував спосіб примусового пневмовідводу пари з екструдату. Повний технологічний процес складається з подрібнення, змішування подрібненої маси в певній пропорції з рослинним наповнювачем, екструзії суміші, охолодження, затарювання [1].

Нами було удосконалено технологію виробництва комбікормів для риби шляхом збагачення зернової сировини рибним протеїном і формування попередньої суміші компонентів, що забезпечує не лише утилізацію високоцінних відходів рибництва або малоцінної риби, а й високу однорідність змішування добавки, що у свою чергу забезпечує якість кінцевого продукту, який можна рекомендувати для використання у виробництві комбікормів для риби та молодяку сільськогосподарських тварин [2].

Збагачення зернової сировини рибним білком шляхом екструдування суміші зернової сировини і малоцінної риби (сардини чорноморської дрібної) проводили в ОНАХТ у спеціалізованій лабораторії кафедри технології комбикормів на екструдері ЕЗ-150, який оснащений автоматичною системою збору даних і управління для проведення досліджень процесу екструдування і розробки ефективних систем автоматичного керування цим процесом. Система передбачає вимірювання температур у трьох робочих зонах екструдера, температури поверхні матриці, а також струму навантаження приводу шнека, автоматичне регулювання струму навантаження приводу шнека за рахунок зміни продуктивності живильника і автоматичне регулювання температур у робочих зонах екструдера за рахунок зміни потужності тенів, установлених у кожній робочій зоні екструдера. Система складається з датчиків, модулів-перетворювачів сигналів, виконуючих пристроїв і персонального комп'ютера. Екструдування суміші проводили при температурі (110-120) °С і тискові (2-3) МПа у робочій зоні екструдера [3].

При створенні нових продуктів харчування для людей і тварин велику увагу приділяють питанням харчової і біологічної цінності. Оцінку біологічної цінності добавки, виготовленої шляхом екструдування малоцінної риби і зерна кукурудзи, проводили хімічними і біологічними методами. Оцінка біологічної цінності хімічними методами дає змогу оцінити збалансованість добавки і відображає лише потенціальну цінність добавки як джерела харчування. Найбільш повну інформацію про біологічну цінність продукту дозволяє отримувати оцінка біологічними методами на лабораторних тваринах. Біологічні дослідження є початковим етапом при розробці нового продукту: вказують на доцільність подальших досліджень.

Біологічну оцінку ефективності використання добавки було проведено на базі Інституту стоматології АМН м. Одеса. Для цього було сформовано дві групи лабораторних тварин (білих щурів) віком 45 днів із середньою живою масою 90 г. Протягом 14 днів пацюкам згодовували 75 % комбикорму і 25 % екструдованої добавки. У контрольній групі у якості добавки використовували екструдовану кукурудзу, у дослідній групі – екструдовану суміш кукурудзи з малоцінною рибою (90:10).

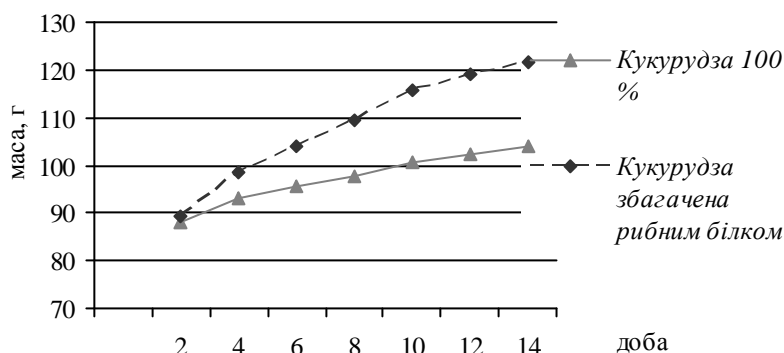


Рис. 1 – Динаміка росту маси тіла лабораторних щурів

Динаміка росту маси тіла лабораторних тварин показана на рис. 1.

Середньодобові прирости живої маси щурів у контрольній групі склали 1,14 г/добу, у дослідній групі – 2,3 г/добу, що на 50,4 % більше, ніж у контрольній.

Конверсія корму (витрати корму на отримання граму приросту живої маси щурів) у контрольній групі склала 15,7 г/г, у дослідній групі – 7,8 г/г, що на 50,3 % менше, ніж у контрольній.

Оскільки відходи тваринного походження є потенційно небезпечними з точки зору наявності збудників різноманітних захворювань, які можуть бути в малоцінній рибі і відходах рибопереробки до обробки, виникає цілком слушне питання безпечного використання їх у виробництві комбикормів, особливо для молодняку тварин, птиці і риби.

Метою досліджень було визначення впливу теплової обробки (екструдування) на зміну мікробіоти кормової добавки, виготовленої з суміші зернової сировини і малоцінної риби, визначення динаміки розвитку мікрофлори у процесі зберігання.

Мікроорганізми є основною причиною погіршення якості комбикормів. Вони сприяють розвитку шкідливих процесів – самоігрівання, наявності різкого запаху, зміни кольору. Розвиток мікроорганізмів може призвести до повної втрати початкових властивостей комбикормів і зробити їх непридатними до використання у годівлі із-за накопичення мікотоксинів, тому необхідно мати чітке уявлення про мікрофлору комбикормів і знати, як впливають на неї умови зберігання.

Кормові суміші і комбикорми, особливо у розсипному стані, є виключно сприятливим середовищем для розвитку різноманітних мікроорганізмів, не тільки сапрофітних, але й умовно патогенних і патогенних видів, що здатні викликати важкі харчові отруєння та інфекційні захворювання, які іноді стають причиною масових захворювань і смертності риби, птиці, сільськогосподарських тварин. Поєднання різноманітних компонентів у певному ступені додає не тільки поживні речовини, але й мікробіоту.

Таким чином, ветеринарно-санітарний стан комбікормів обумовлюється в основному якістю сировини, яку застосовують. Багата мікрофлора комбікормів пов'язана, у першу чергу, з високим рівнем обсіменінням окремих компонентів. Склад мікрофлори зерна і побічних продуктів, які використовують для виробництва комбікормів, багаточисельніший і різноманітніший у порівнянні з зерном, яке використовують на насінневі і продовольчі цілі. Іноді рибні продукти та інші білкові продукти заражені бактеріями роду сальмонела, а також ентеропатогенними штамами *E. coli*, дріжджоподібними грибами та ін. Актиноміцети не здійснюють такого негативного впливу на якість зерна, як бактерії і плісневі гриби, але, разом з тим, під час самозігрівання є додатковим джерелом тепла [4, 5].

Мікрофлора поверхні риби залежить від навколишнього середовища (води) у якому знаходилась риба. На загальне мікробне забруднення риби та її псування впливає загальний мікробіологічний стан води, з якого виловили рибу, вид і біологічний склад риби, ступінь наповнення шлунку і характер харчування, метод вилову риби, спосіб доставки, прийом і зберігання риби.

Склад мікрофлори води може суттєво змінюватися залежно від пори року, температури і кількості планктону, який має здатність виділяти антибіотичні речовини, що глибоко діють на бактерії. Зливання стічних вод у прибережній зоні може призвести до розмноження хвороботворних бактерій, таких як сальмонели, шигелли, ентерококи, патогенні види кишкової палички, ентеровіруси, стафілококи та ін. Кількісний склад бактерій залежить від середовища проживання і змінюється від 10^2 до 10^7 клітин на 1 см^2 поверхні риби. У свіжій рибі, яка була виловлена тралом, міститься у 10-100 разів більше бактерій, ніж у свіжій рибі, виловленій сітками, вудкою [6, 7].

У свіжовиловленій рибі 60 % усієї мікрофлори складають бактерії роду *Achromobacter*. Мікроорганізми, які знаходяться у прісній воді, аналогічні ґрунтовим бактеріям. Свіжа риба, виловлена у прісних водоймах, може бути забруднена мікроорганізмами родів *Salmonella*, *Shigella*, причому *Salmonella* може протягом тривалого часу зберігатися в організмах прісноводних риб. При зберіганні і транспортуванні можливе забруднення сальмонелами від однієї риби до іншої.

Найбільшу небезпеку для кормів мають паратифозні бактерії – р. *Salmonella*. Це збудник токсикоінфекцій тварин і людини. Сальмонельозні захворювання – загроза для здоров'я людини і можуть завдати великого економічного збитку тваринництву.

Серйозну небезпеку для молодняку представляє кишкова паличка – *Escherichia coli*, є причиною колібактеріозу – важкої септичної інфекції.

Дослідження кількісного і якісного складу мікробіоти у екструдованій кормосуміші проводили у спеціалізованій лабораторії на кафедрі біохімії мікробіології і фізіології харчування ОНАХТ. У кормовій добавці визначали: кількість мезофільних аеробних і факультативних анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), наявність бактерій паратифозної групи (сальмонели), наявність ентеропатогенних штамів кишкової палички, кількість мікроміцетів (грибів і дріжджів). Визначення проводили методом посіву клітин на густі середовища: МАФАНМ – на середовище МПА (м'ясо-пептонний агар), мікроміцети – на середовище СА (сусло-агар), бактерії паратифозної групи (сальмонели) і кишкової палички – на середовище Ендо після накопичення їх у рідких спеціальних середовищах [8-12]. Результати досліджень визначення мікробного забруднення сировини до і після екструдуювання наведено у табл.1

Були прийняті норми для комбікормів, які регламентують, що кількість мікроорганізмів не повинна перевищувати $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г [13,14].

Таблиця 1 – Дослідження мікробіологічних показників якості кормової суміші у результаті теплової обробки

Сировина	До екструдуювання			Після екструдуювання	
	Кукурудза	Малоцінна свіжа риба	Зерносуміш до екструдуювання	Екструдована зерносуміш	Зменшення, %
МАФАНМ (КУО/1г)	$1,8 \cdot 10^2$	$5,3 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^3$	-84
Міцеліальні гриби, КУО/г	$0,4 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	-75
Дріжджі, КУО/г	не виявлені	13	10	не виявлені	100
БГКП титр, г	не виявлені	0,01	0,01	не виявлені	100

БГКП у малоцінній рибі у розведенні 10^{-1} і 10^{-2} виявлені, у т.ч. типова *E. coli* у великих кількостях; у зерносуміші до екструдуювання у розведенні 10^{-1} і 10^{-2} виявлені БГКП, але типова *E. coli* була відсутня. Дослідження на присутність у всіх зразках до і після теплової обробки сальмонели дали негативний результат.

Аналіз досліджень показує, що у результаті екструдуювання кількість МАФАНМ зменшується на 84 %, мікроміцети – на 75 %, повністю знищено дріжджі. Саме комплексний вплив високої температури (110°-120° С), високого тиску (2-3 МПа) і адіабатичного розширення при виході з екструдера навіть при короткочасному впливі на продукт дає змогу забезпечити високий ступінь зниження мікрофлори продукту. Масова частка вологи екструдованої кормової добавки складала 9,2 %, кількість МАФАНМ 100 КУО/г, що дає змогу розраховувати на ефективне зберігання кормової добавки.

Зберігання екструдованої добавки проводили у нерегульованих умовах (t=13...15 °С, φ= 65 – 75 %) протягом 6 місяців. У період зберігання комбікорму кількість мікробіоти зменшується, відбувається зміна її видового складу. Переважно мезофільні аеробні бактерії були представлені спороутворюючими паличками при незначній присутності *E. herbicola*. Коливання чисельності міцеліальних і неміцеліальних грибів під час зберігання було незначним і знаходиться у межах похибки експерименту (у табл. 2). При нерегульованих умовах зберігання (t=13...15 °С, φ= 65 – 75 %) спостерігається зменшення кількості бактерій з $5,3 \cdot 10^3$ до $0,4 \cdot 10^3$ добавки наприкінці контрольного терміну зберігання екструдованої кормової добавки одночасно зі зменшенням вологості до 8,4 %.

Таблиця 2 – Динаміка розвитку мікрофлори екструдованої добавки у процесі зберігання в нерегульованих умовах

Строк зберігання	МАФАНМ, КУО/г	Мікроміцети	
		Міцеліальні гриби, КУО/г	Дріжджі, КУО/г
0	$5,3 \cdot 10^3$	10	10
30	$1,5 \cdot 10^3$	10	10
60	$3,2 \cdot 10^3$	10	40
90	$3,2 \cdot 10^3$	20	40
120	$0,6 \cdot 10^3$	10	40
150	$0,4 \cdot 10^3$	10	20
180	$0,4 \cdot 10^3$	0	10

Висновки

Таким чином, запропонований новий спосіб виробництва кормової добавки дає змогу переробляти малоцінну рибу і фуражне зерно у кормову добавку високої санітарної якості. Проведене раніше біологічне дослідження на лабораторних тваринах свідчить, що кормова добавка має високу біологічну цінність. Удосконалена технологія забезпечує кращу однорідність продукту, що дає змогу використовувати кормову добавку не тільки у годівлі дорослих тварин, а й молодяку тварин і риб. Малоцінну рибу і рибні відходи можна переробляти шляхом екструзії у суміші з фуражним зерном, що дає змогу отримати суху кормову добавку, збагачену білком. Використання такої добавки дасть змогу оптимізувати склад комбікормів за ціною, оскільки зменшить кількість вводу дорогих білкових тваринних компонентів.

Дослідження мікробіологічного стану дослідних зразків показало, що, незважаючи на значне санітарне забруднення компонентів до екструдуювання, готова кормова добавка після високотемпературної обробки є безпечною для використання у годівлі тварин, риб і птиці. Удосконалена технологія виробництва кормової добавки дає змогу отримати готову продукцію з масовою часткою вологи, яка є безпечною для зберігання. Екструдована суміш у процесі зберігання протягом 6 місяців у нерегульованих умовах не накопичує гранично допустимої кількості мікроорганізмів.

Література

1. Кабушка В.Г. Переработка отходов животного происхождения на основе технологии сухой экструзии / В.Г. Кабушка // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 9 (75). – С.48-50.
2. Фомичев Ю.Л. Повышение санитарного качества и безопасности фуражных кормов методом экструзии / Ю.Л. Фомичев // Хранение и переработка зерна – 2005. – № 9 (75). – С. 44-48.
3. Єгоров Б.В. Перспективи використання малоцінної риби у кормо виробництві / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – № 2. – С. 46-50.
4. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / [под ред. М.О. Бирга]. – М.: Медицина. – 1982. – 178 с.
5. Санитарная микробиология / [под. ред. С.Я. Любашенко]. – М.: Пищевая промышленность. – 1980. – 352с.
6. Турецкий В.И. Проблема санитарного контроля качества рыбных комбикормов/ В.И. Турецкий, А.А. Вихман // Тезисы докладов Всесоюзного совещания по промышленному рыбководству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб. – М.: 1985. – С. 155-157.

7. Перетрухіна А.Т. Микробиологія сир'я і продуктів водного походження / А.Т. Перетрухіна, І.В. Перетрухіна– СПб, ГІОРД. – 2005. – 320 с.
8. Продукти харчові. Метод визначення дріжджових і плісневих грибів: ГОСТ 10444 12-88. – [Срок дії з 1990-01-01]. – М.: Госстандарт СРСР. – 111 с. – (Госстандарт СРСР).
9. Продукти харчові. Метод визначення кількості МАФАНМ: ГОСТ 10444 15-94. – [Срок дії з 1997-01-01]. – М.: Межгосударственный стандарт. – 111 с. – (Межгосударственный стандарт).
10. Продукти харчові. Метод визначення дріжджових і плісневих грибів: ГОСТ 10444 12-88.– [Срок дії з 1990-01-01]. – М.: Госстандарт СРСР.– 111 с. – (Госстандарт СРСР).
11. Мікробіологічна загальна настанова щодо перерахунку передбачуваної E.coli ДСТУ ISO 7251:2006 .– [Чинний від 2006-01-01]. –К.: Держспоживстандарт України 2006. – IV, 121 с.– (Національні стандарти України).
12. Мікробіологія харчових продуктів і кормів E.coli ДСТУ ISO 4831:2006 .– [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 2006.– IV, 121 с.– (Національні стандарти України).
13. Полищук Л.А. Лаборант хіміко-бактеріологічного аналізу комбікормового виробництва./ Л.А. Полищук, Ж.Я. Сандлер, Е.І. Горлова. – М.: Агропромиздат, 1988.- 175 с.
14. Братерський Ф.Д. Оцінка якості сир'я і комбікормів / Ф.Д. Братерський, А.Д. Пелевін.– М.: 1983. –319 с.

636.4.085.55

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ СВИНЕЙ

**Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор, Воєцька О.Є., канд. техн. наук, доцент,
Лапінська А.П., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

У статті проаналізовано способи виробництва комбікормів для свиней, залежність перетравності компонентів комбікормів від крупності подрібнення, зміна біологічної цінності комбікормів після екструдювання та експандування.

In article ways of manufacture mixed fodders for pigs are analysed , digestibility dependence components of mixed fodders from fineness crushing, change of biological value of mixed fodders after extrusion and expansion.

Ключові слова: комбікорми для свиней, способи виробництва, крупність, екструдювання, експандування.

Виробництво продуктів харчування, особливо м'яса, в різних країнах світу завжди було й залишається одним із пріоритетних напрямів розвитку сільського господарства. Свинина є основою світового м'ясного балансу, на неї припадає нині близько 39 % валового виробництва м'яса, а в деяких країнах – майже 60...80 % загального виробництва.

В Україні за останні кілька років намітилась тенденція до збільшення інвестицій у свинарство, але ціни на свинину на внутрішньому ринку поки що перевищують європейські на 30...50 %. Один із можливих шляхів здешевлення виробництва – впровадження ресурсо- та енергоощадних технологій. Це, окрім зниження собівартості свинини, посприє підвищенню її якості, конкурентоспроможності й водночас зменшить вплив на довкілля. Енергоощадні технології дають можливість зменшити витрати на виробництво 1 ц свинини: електроенергії – на 19 %, коштів на оплату праці – на 2 %. Зменшення собівартості продукції становить, відповідно, 6,7 %.

Збільшення виробництва продуктів свинарства найбільш можливе завдяки застосуванню нових технологій і впровадженню досягнень наукових розробок повноцінної годівлі тварин. Одним із головних напрямів підвищення продуктивності свиней та ефективного використання кормів є повноцінна годівля і насамперед забезпечення їх необхідною кількістю поживних та біологічно активних речовин, які є каталізаторами обмінних процесів в організмі [1].

Метою даної роботи було проведення порівняльної оцінки різних способів виробництва комбікормів для свиней і виявлення їх переваг та недоліків.

Принципи організації технологічного процесу виробництва комбікормів визначаються видом комбікормів та рівнем технології. Так, за видами комбікормів розрізняють технології виробництва розсипних та формованих комбікормів у вигляді гранул, екструдату та експандату.

Сьогодні комбікорми виготовляють переважно у розсипному вигляді. При виробництві розсипних комбікормів зернові та незернові компоненти піддають очищенню, подрібнюють, дозують відповідно до рецепту, змішують. Комбікорм, виготовлений за цією технологією, має недостатньо високу перетравність поживних речовин. Крохмаль зернових компонентів, які займають найбільшу частину комбікорму, знаходиться в незручній для засвоювання організмом тварин формі, особливо для молодняка сільськогосподарських тварин. Використання таких комбікормів має ряд недоліків: самосортування комбікорму при транспортуванні та зберіганні, вибіркоче споживання компонентів, низьку санітарну якість та ефективність годівлі.

Така технологія потребує великої кількості технологічного і транспортного обладнання і характеризується високими питомими витратами електроенергії на виробництво комбікорму, надмірним подрібненням деяких компонентів, що може завдавати шкоди тваринам..

Ступінь розмелу компонентів значно впливає як на ефективність технологічних етапів виробництва, так і на зоотехнічну ефективність готової продукції. Перетравність органічної речовини зернових при подрібненні підвищується з 74,7 до 88,7 %, а протеїну з 87 до 92 % у порівнянні з цілим зерном у раціонах свиней на відгодівлі. Проте, згодовування тонко подрібненого корму значно впливає на кислотність шлункового соку, активність пепсину, що призводить до язв та порушення діяльності шлунково-кишкового тракту. Встановлено, якщо у раціоні свиней кількість часток корму розміром менше 1 мм становила 72 %, то порушення слизової оболонки відмічалось у 99 % свиней; при вмісті вказаних часток до 56 % – порушення виявлені тільки у 48 % тварин.

Недоліками тонкодисперсного продукту є також втрати корму при транспортуванні та згодовуванні; подразнення, захворювання слизових оболонок дихальних шляхів та очей, стресового стану тварин при згодовуванні.

У випадку виробництва готової продукції у розсипному вигляді крупність комбікормів має максимально відповідати не тільки фізіологічно оптимальним середнім розмірам частинок, але й відповідним вмістом в них крупної та дрібної фракції. Середній розмір частинок комбікормів для поросят ранніх вікових груп повинен бути у межах 0,7...0,9 мм; для підсисних поросят – 0,7...0,8 мм; для поросят-відлучників – 0,9...1,1 мм; для свиней беконної відгодівлі – 1,2...1,6 мм. У комбікормах для всіх вікових груп свиней залишок на ситі з отворами діаметром 2 мм не повинен перевищувати 5 %, а дрібної фракції – прохід через сітку дротяну з отворами розміром 0,2 мм – не більше 25 %.

Зміни у сировинній базі, зокрема, тенденція до зниження кількості хлібних злакових у раціонах, світовий дефіцит рибного борошна, заборона використання м'ясо-кісткового борошна, а в Україні, крім цього, ще й фальсифікація та низька якість цієї групи кормових засобів; забруднення мікотоксинами зерна, вимагають використання побічних продуктів інших виробництв, нетрадиційних кормових засобів. Перспективним є використання таких кормів як сорго, боби, продукти переробки ріпаку та ін. Використання таких кормових засобів потребує вирішення проблем доступності поживних речовин, інактивації антипоживних речовин. Це питання набуває особливої актуальності за умови використання сучасних порід тварин, які відрізняються заданими параметрами обміну та зниженням адаптаційних резервів, вимагають збалансованих та доступних раціонів.

Враховуючи вищевказане, технологія виробництва готової продукції має включати етапи підготовки компонентів у відповідності до фізіологічних особливостей тварин та спеціальні методи теплової обробки сировини та готової продукції.

Наступний спосіб виробництва розсипного комбікорму з екструдованими зерновими компонентами передбачає очищення, подрібнення та обробку зернової сировини в екструдері для покращення її кормової цінності. В процесі екструдування відбуваються структурні перетворення біополімерів – декстринізація крохмалю, що робить його більш доступним для дії ферментів, підвищується доступність амінокислот внаслідок руйнування в молекулах білка вторинних зв'язків, причому завдяки порівняно невисокій температурі і короткочасній обробці самі амінокислоти не руйнуються, що призводить до покращення його перетравності. Підвищується доступність жиру внаслідок розриву клітинних стінок, завдяки чому збільшується енергетична цінність продукту. При цьому значно покращується санітарний стан зерна, оскільки під дією високої температури і тиску майже повністю знищуються патогенна мікрофлора і плісняві гриби [2, 3]. Екструдований корм найбільш раціонально використовувати для годування поросят молодшого віку, оскільки їх перетравна система в цей період не здатна розщеплювати складні поживні речовини раціону. При використанні екструдованого зерна в складі раціонів для молодняка свиней збільшується перетравність сухої речовини – на 2,1 %, органічної – на 1,9 %, сирого протеїну – на 4,5 %, сирого жиру – на 3,8 %, згодовування свиням на відгодівлі комбікормів із екструдованою зерновою час-

тиною дозволило підвищити середньодобові прирости мас з 516 до 584 г, витрати корму знизились з 5,3 до 4,8 кг на 1 кг приросту маси тіла [4].

Далі за технологією подрібнені екструдовані зернові компоненти дозують з підготовленими незерновими компонентами, змішують та отримують розсипний комбікорм. Однак, оскільки за цією технологією теплової обробці піддають тільки зернову сировину, то готовий комбікорм має недостатньо високу санітарну якість, бо такі компоненти, як м'ясо-кісткове і рибне борошно та інші види високобілкової сировини містять найбільшу кількість мікроорганізмів.

Відомий спосіб виробництва комбікормів для свиней, який передбачає використання процесу екструдювання в два етапи. На першому етапі при екструдюванні тільки зернової частини комбікорму прагнуть підвищити перетравність та засвоюваність поживних речовин, на другому етапі використовують екструдювання всього комбікорму при менш жорстких режимах з метою надання розсипному комбікорму форми у вигляді екструдата, а також для покращення його санітарної якості [5, 6]. Санітарна якість комбікорму, отриманого за даною технологією, висока, обеззаражування є доцільним для профілактики захворювань шлунково-кишкового тракту, проте різко зростають втрати біологічно активних речовин, оскільки теплової дії зазнає і премікс, що входить до складу комбікорму. Тому в цьому випадку для підвищення вмісту біологічно активних речовин отриманий екструдований комбікорм направляють у спеціальний пристрій для нанесення на його поверхню рідких компонентів (жирів, ферментів, амінокислот, вітамінів і т.д.). Згодовування екструдованих комбікормів збільшує прирости мас тіла поросят до 60-денного віку на 6...24 %.

Наприкінці 90-х років 20-го сторіччя набув поширення процес експандування і комбікормові заводи почали випуск комбікормів в експандованому вигляді. Експандування дозволяє виготовляти комбікорми у вигляді нетвердої крупки, яка не травмує стравохід і шлунок тварин, не утворює пилу і тим самим не викликає наліпання на органи травлення і дихання в процесі поїдання його тваринами; має велику поверхню частинок і пористу структуру, що забезпечує більш легке проникнення шлункового соку і власних ферментів у експандат. Експандування відбувається при більш м'яких режимах (температура 110°C), у порівнянні з екструдюванням, розщеплення крохмалю відбувається на 50 %. Така модифікація є доцільною з точки зору стимулювання та розвитку власної ферментної системи поросят.

Експандат має високу санітарну якість, зберігає стабільність та стійкість при транспортуванні, збільшується тривалість зберігання комбікормів. При використанні експандату, в порівнянні з розсипним комбікормом, зменшуються витрати кормів на 9 % та збільшується на 9 % коефіцієнт використання експандованого комбікорму на 1 кг приросту ваги [7, 8, 9].

Біологічна цінність комбікормів після наступних способів теплової обробки: експандування, експандування + гранулювання, гранулювання дещо відрізняється (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Залишкова активність вітамінів після обробки кормів, %

Показник	Експандер	Експандер + прес-гранулятор	Прес-гранулятор
Вітамін А капсульований	97	93	94
Вітамін D ₃ капсульований	98	93	93
Вітамін Е	97	92	93
Вітамін В ₁	96	87	89
Вітамін В ₂	92	84	89
Вітамін В ₃	95	86	89
Вітамін В ₆	94	85	87
Вітамін В ₇	94	85	89
Вітамін В ₁₂	97	94	96
Вітамін Вс	94	85	89
Холінхлорид	99	97	97

Вміст амінокислот і вітамінів в експандаті вищий у порівнянні з гранульованим комбікормом, хоча режими теплової обробки більш жорсткі в експандері, проте час обробки значно коротший, що сприяє збереженню біологічно активних речовин. Існують два варіанти використання експандера при виробництві комбікормів для свиней. Перший – перед прес-гранулятором, коли експандер виконує роль працюючого під тиском кондиціонера, другий – використання експандера самостійно без прес-гранулятора.

Таблиця 2 – Зміни вмісту амінокислот після експандування, %

Амінокислоти	До обробки	В експандаті
Лізин	0,84	0,83
Треонін	0,61	0,59
Метіонін	0,55	0,54

рівномірний.

Проте, оброблений продукт не має заданої форми. В порівнянні з процесом екструдуювання при експандуванні спрощення операції формування шляхом застосування кільцевої конічної матриці істотно знижує питомі енерговитрати (у 2,5...3 рази) на обробку зерна і комбікормів [9, 10]

Експандування забезпечує такі переваги: можливість введення підвищеної кількості рідких компонентів – масла, жиру, меляси та ін. на 4...5 % більше; інактивацію антипоживних та токсичних речовин; покращення якості і засвоюваності комбікормів; більш високу продуктивність преса для гранулювання, крашу якість гранул; використання більш дешевої і складної для гранулювання сировини.

Проведені зоотехнічні дослідження годівлі свиней (від 9 до 30 кг) показали високу ефективність експандованого комбікорму (табл. 3).

Таблиця 3 – Показники годівлі свиней різними кормами

Показник	Розсипний комбікорм	Гранульований комбікорм	Експандований комбікорм
Витрати кормів, г/день	1007	955	922
Приріст маси г/день	470	473	476
Конверсія корму	2,14	2,01	1,93

Враховуючи вищезазначене, можна зробити такі висновки:

досягти високої продуктивної дії комбікормової продукції для свиней неможливо без врахування фізіологічних особливостей шлунково-кишкового тракту, вимог годівлі та обґрунтування доцільності технологічних етапів підготовки компонентів, впровадження сучасних програм годівлі;

сировинна база для виробництва комбікормів повинна враховувати сучасні тенденції ресурсозбереження, скорочення частки хлібних злаків, збільшене використання нетрадиційних кормових засобів, тому перспективними є екструзійні технології виробництва готової продукції;

встановлено, що наявність у раціоні свиней частинок корму розміром менше 1 мм більш ніж 72 % призводить до порушення травлення, захворювання дихальних шляхів, дрібна фракція повинна становити не більше 25 %;

використання екструдованого зерна у складі раціонів для молодяку свиней збільшує перетравність сухої речовини на 2,1 %, сирого протеїну на 4,5 %, сирого жиру на 3,8 %, витрати корму на 1 кг приросту маси знизилась з 5,3 до 4,8 кг;

експандування дозволяє проводити розщеплення крохмалю на 50 %, що є доцільним для стимулювання та розвитку ферментної системи поросят;

використання експандера перед прес-гранулятором дозволяє збільшити на 30 % продуктивність останнього, зменшити в 2...3 рази зношування матриць, роликів.

Література

1. <http://www.svynarstvo.in.ua/teoriya/tehnologii/689-zbalansovana-godivlya> М. Бабенко Збалансована годівля у свинарстві – шлях підвищення рентабельності галузі.
2. Комник Г. Экструдирование – верный путь к повышению качества/ Г. Комник, Ю. Росляков // Комбикорма. – 2000. – № 7. – С. 19–21.
3. Прогрессивные технологии для производства комбикормов. / Л. Бойко, Н. Петров, Л. Трунова, Н. Фатьянова // Комбикорма. – № 4. – 2005. – С. 23–25.
4. Клейменов Н.И., Никитин Н.В. Технология производства и использования экструдированных кормов в животноводстве. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 18 с.
5. Управление процессом приготовления экструдированного комбикорма / Л.И. Лыткина, Е.С. Шенцова, А.В. Дранников, В.Н. Василенко, Н.О. Ожерельева// Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 6. – С. 79–81.
6. Остриков А. Технология производства экструдированных кормов/ А. Остриков, В. Василенко // Комбикорма. – 2007. – № 3. – С. 31.

7. Кашнер Х.Й. Экспандер и его преимущества/ Комбикормовая промышленность. – 1996. – № 5.– С. 20–21.
8. Особенности процесса экспандирования/ Л. Бойко, В. Зоткин, Н. Петров, Н. Чернышов, А. Николаев, А. Грищенко// Комбикорма. – 2002. – № 5. – С. 21–22.
9. Червяков А.В. Обоснование направления совершенствования технологии обработки зерна на основе «экструзии-экспандирования» // Хранение и переработка зерна. – 2004. – № 3. – С.52–56.
10. Егоров Б.В. Выбор оптимальных технологических решений в производстве комбикормов./ Зерновые продукты и комбикорма. – 2002. – № 1. – С. 33 – 36.

УДК 636. 085.55

НАСІННЯ ЛЬОНУ ЯК КОМПОНЕНТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ

Шаповаленко О.І., д-р техн. наук, професор,
Янюк Т.І., канд. техн. наук, доцент, Козюля І.В., аспірант.
Національний університет харчових технологій, м. Київ

У статті розглянуто можливість використання насіння льону для виробництва комбікормів. На основі проведених досліджень і виходячи з біохімічного складу, пропонується використовувати насіння льону і продукти його переробки як білково-вуглеводні і ліпідно-білково-вуглеводні функціональні добавки в комбікормовому виробництві.

Вирішення поставлених завдань з розвитку тваринництва передбачає значне розширення виробництва кормів, підвищення їх якості, вживання нових технологій і створення на цій основі нових виробництв. Окрім недостатнього обсягу виробництва кормів несприятливим чинником у тваринництві є низька їх якість, насамперед незбалансованість і нестача білка; ці проблеми мають загальне значення. За даними ряду фахівців, світовий дефіцит білка кормів до ХХІ століття оцінюється в (30-35) млн тонн на рік.

Методи годування тварин у сучасних господарствах не завжди дозволяють повною мірою збалансувати раціони за найважливішими показниками енергії, протеїном, мінералами і вітамінами, унаслідок чого генетично закладений потенціал продуктивності тварин використовується лише на (50-60) %. Незбалансованість кормових раціонів приводить до значної (на 25-50 %) перевитрати кормів і зростання питомої ваги зернофуражу в раціонах. На вітчизняних підприємствах питома вага зерна в комбікормах становить 75 %, у фермерських господарствах – до 82 %, тоді як в інших країнах – близько 45 %.

Дефіцит білка у годівлі сільськогосподарських тварин можна покрити шляхом введення високобілкових кормових засобів, зокрема макухи і шротів олійних культур, м'ясного і м'ясо-кісткового борошна, кормових і гідролізних дріжджів, молочних продуктів і відходів промислової переробки тваринної продукції.

Проте білкові корми тваринного походження мають високу вартість, їх виробництво надто енергоємне, і при цьому обсяги виробництва досить обмежені. Тому основна частка білкового складника кормових раціонів тварин повинна належати менш дорогим і більш доступним джерелам протеїну.

Останнім часом при відгодівлі сільськогосподарських тварин і птиці все більша увага приділяється використанню нетрадиційних видів сировини, до яких належить і насіння льону.

Досвід іноземних країн, як і дослідження вітчизняних вчених, впевнено довели необхідність застосування в сільському господарстві та при виробництві комбікормів олійних культур, у тому числі насіння льону з введенням нових сортів та розробкою більш сучасних технологій його переробки.

Насіння льону є есенціальним фактором як для людини, так і для сільськогосподарських тварин і птиці. Ця олійна культура може займати пристойне місце при виробництві комбікормів як джерело жиру, білків, поліненасичених жирних кислот, незамінних амінокислот, а також вітамінів і мінеральних речовин. За літературними даними насіння льону містить (21-35) % сирого білка, (30-48) % сирого жиру, (4,2-4,6) % сирого клітковини, (2,8-3,2) % сирого золи та (28,0-32,0) % БЕР [1-4].

Метою наших досліджень було визначення хімічного складу різних сортів льону (Глином, Глухівський Ювілейний, Південна ніч) для встановлення можливості їх використання при виробництві комбікормів і кормових добавок. Середні показники хімічного складу насіння льону наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад насіння льону у % на абс. суху речовину

Показники, %	Характеристика насіння сортів льону					
	Глином		Глухівський Ювілейний		Південна ніч	
	\bar{x}	$\pm\Delta x$	\bar{x}	$\pm\Delta x$	\bar{x}	$\pm\Delta x$
Масова частка вологи	7,42	0,12	9,26	0,08	8,68	0,10
Масова частка сирого жиру	32,4	0,05	36,55	0,09	37,70	0,07
Масова частка сирого протеїну	26	0,21	25,1	0,22	19,7	0,18
Масова частка цукрів	5,69	0,08	4,43	0,11	4,61	0,09
Масова частка пентозанів	6,87	0,12	7,80	0,15	8,31	0,12
Масова частка целюлози	11,9	0,15	13,3	0,22	11,1	0,19
Масова частка золи	4,2	0,37	4,18	0,32	3,43	0,27

Аналіз отриманих даних показав, що вміст олії в насінні льону коливається від 32 до 38 % залежно від сорту. Сумарний вміст білка і жиру в насінні льону досить стабільний і складає (65,6-67,6) % від сухого залишку насіння. При збільшенні кількості білка в насінні спостерігається зменшення кількості жиру і навпаки. Вміст білка і жирів у насінні льону знаходиться в тісній кореляційній залежності (коефіцієнт кореляції – 0,92). Вуглеводи в насінні льону представлені цукрами, пентозанами і целюлозою (табл. 1). Загальна кількість розчинних вуглеводів не перевищує (12-13) % в розрахунку на суху речовину. У зразках насіння льону сорту «Глином» виявлено на (23-28) % більше цукрів, ніж у сортах «Південна ніч» і «Глухівський Ювілейний». Вміст целюлози, що входить до складу оболонки насіння льону, в досліджуваних зразках коливається від 11 до 13 % в розрахунку на суху речовину.

Таблиця 2 – Жирокислотний склад олії насіння льону

Жирні кислоти	Масова частка жирних кислот в насінні льону, в %		
	сорт «Глином»	сорт Глухівський Ювілейний	сорт «Південна ніч»
Насичені, в тому числі	9,1	8,4	8,6
пальмітинова	4,9	4,6	4,7
стеаринова	4,2	3,8	3,9
Мононенасичена олеїнова	14,0	13,2	13,4
Поліненасичені, в тому числі	76,9	78,4	78,0
лінолева	15,0	15,7	15,4
α -ліноленова	61,9	62,7	62,6

Льняна олія відноситься до олій з максимальним сумарним вмістом поліненасичених жирних кислот. У складі гліцеридів насіння льону переважають лінолева і α -ліноленова жирні кислоти – (76,9-78,4) % загальної кількості (табл. 2). Основним компонентом льняної олії є α -ліноленова кислота (ω -3), яка має високу біологічну активність та сприятливо впливає на всі процеси життєдіяльності, вміст її в насінні льону різних сортів коливається від 61,9 до 62,7 %. Загальна кількість мінеральних речовин у насінні льону складає (3,4-4,2) % (табл. 3). Насіння льону відрізняється досить значним вмістом макро- і мікроелементів. Особливо багато в насінні льону магнію, фосфору, калію, заліза, кобальту; крім того присутні кальцій, марганець, нікель.

Таблиця 3 – Вміст мінеральних речовин у насінні льону

Мінеральні речовини	сорт «Глином»		сорт «Глухівський Ювілейний»		сорт «Південна ніч»	
	\bar{x}	$\pm\Delta x$	\bar{x}	$\pm\Delta x$	\bar{x}	$\pm\Delta x$
K, %	0,49	0,02	0,51	0,03	0,73	0,03
Ca, %	0,29	0,02	0,29	0,02	0,28	0,02
P, %	0,67	0,03	0,96	0,05	0,86	0,03
Mg, %	0,81	0,03	0,73	0,02	0,89	0,01
Fe, мг/кг	130,8	5,20	86,60	4,80	96,30	4,20
Mn, мг/кг	29,6	1,10	25,20	1,20	22,60	1,50
Ni, мг/кг	4,7	0,22	3,10	0,26	2,90	0,25
Co, мг/кг	0,76	0,01	0,75	0,02	0,71	0,01

Отже, на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що включення насіння льону в рецепти комбікормів дозволить підвищити рівень сирого протеїну та біологічну цінність білків, довести рівень поліненасичених жирних кислот та їх співвідношення до біологічних потреб тварин у цих кислотах, сприятиме вирішенню проблеми забезпечення високого рівня обмінної енергії у комбікормах за рахунок уведення насіння льону.

Література

1. Борисонік З.Б. Довідник по олійних культурах / З.Б. Борисонік. – К.: Урожай, 1988. – 164 с.
2. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Агропромиздат, 1989. – 367 с.
3. Мотовилов К.Я., Булатов А.П., Ланцева Н.Н. и др. Экспертиза кормов и кормовых добавок: Учеб.-справ. пособие. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 303 с.
4. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья / В.Г. Щербаков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 304 с.

УДК 664.664.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕКСУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ

**Іванова В.Д., канд. біол. наук, Івчук Н.П., канд. техн. наук, доцент, Хлебугіна М.С., студент
Національний університет харчових технологій, м. Київ**

Досліджено фізико-хімічні, структурно-механічні, органолептичні властивості експериментальних зразків кексів з додаванням горохового борошна та порошку чорноплідної горобини. Встановлено, що внесення добавок рослинного походження сприяє покращенню структурно-механічних властивостей та харчової цінності продукту.

Organoleptic, physicochemical, structural and mechanical properties of the cupcakes with the addition of chokeberry's powder and pea flour were studied. The cupcake's samples containing herbal supplements showed better structural, mechanical properties and higher nutritional value.

Ключові слова: функціональні продукти, кекс, рослинна сировина, горохове борошно, чорноплідна горобина, лікувально-профілактичне харчування.

Борошняні кондитерські вироби користуються значним попитом у населення. Разом з цим вони мають незбалансований склад, високий вміст жирів і вуглеводів та відносно низький – білків, харчових волокон, ненасичених жирних кислот, вітамінів. У зв'язку з цим актуальності набуває розроблення нових видів борошняних кондитерських виробів збалансованого складу чи збагачення існуючих функціональними інгредієнтами.

Для виробництва борошняних кондитерських виробів характерним є широке використання борошна пшеничного та житнього, а введення до їх складу інших видів борошна обмежується незадовільністю структурно-механічних та органолептичних властивостей готових виробів [1, 2]. З іншого боку, покращення харчової цінності продукту можливо досягти використанням сировини різного нутрієнтного складу, в даному випадку – використанням нетрадиційних видів борошна.

Метою даної роботи було розроблення функціонального продукту на основі кексу за рахунок додавання функціональних інгредієнтів рослинного походження.

Для досягнення мети досліджено окремі види рослинної сировини та визначено такі, що придатні для використання у технології виготовлення кексів; вивчено хімічний склад та технологічні властивості видів сировини, обраних для збагачення; досліджено вплив добавки горохового борошна на реологічні властивості тіста та готових виробів; розроблено склад начинки для кексів з використанням рослинної сировини з високим вмістом антиоксидантів, досліджено органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники нового виду кексу, визначено його здатність до зберігання.

Для покращення харчової цінності зазначеного продукту перш за все слід збільшити та збалансувати вміст незамінних амінокислот та вітамінів. Для реалізації цього завдання можливим є додавання до рецептури таких інгредієнтів як горохове борошно і порошок із чорноплідної горобини.

Експериментальні зразки кексів виробляли в лабораторних умовах, тісто готували безопарним способом за класичною рецептурою [3]. В якості сировини для виготовлення контрольного зразку кексу ви-

користували борошно пшеничне вищого гатунку, цукор-пісок, сухе знежирене молоко, олію рослинну, меланж, розпушувач – амоній вуглекислий. Як рослинну сировину в експериментах використовували ягоди чорноплідної горобини (аронії, *Aronia melanocarpa*) та насіння гороху. Зразки сировини збирали у Київській області, висушували та подрібнювали. Горохове борошно дозували згідно розрахованої рецептури і змішували безпосередньо з пшеничним борошном. Показники якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів визначали за методиками, регламентованими стандартами. Ступінь свіжості готових виробів оцінювали за зміною деформаційних характеристик їх м'якушки, що визначали на пенетрометрі АП 4/1. Визначення реологічних властивостей тіста проводили на віскозиметрі Реотест-2 згідно рекомендацій [4].

Вміст фенольних сполук визначали спектрофотометрично з використанням реактиву Фоліна-Деніса [5], флавононів, вітаміну С – згідно рекомендацій [5, 6]. Кожну серію дослідів виконували у три-, п'ятикратній повторності, проводили статистичне оброблення результатів.

Основними критеріями при виборі сировини були наявність значних кількостей біологічно активних речовин, широкий ареал розповсюдження рослини на території України, достатня сировинна база, легкість у переробці. Горох обрано як джерело легкозасвоюваного білка (26-27) %, багатого на незамінні амінокислоти (зокрема, цистин, триптофан, метіонін), плоди аронії – як полівітамінну сировину (С, Р, А, РР, В2, В12, Е, каротин), джерело дубильних і пектинових речовин, мікроелементів та сполук-антиоксидантів. Препарати чорноплідної горобини проявляють гіпотензивні, спазмолітичні, протизапальні, капілярозміцнюючі, жовчогінні властивості.

Для визначення можливості використання горохового борошна у виробництві кексів було виготовлено три експериментальні зразки тіста, що містили 2, 5 та 9 % борошна гороху від маси пшеничного борошна та досліджено їх структурно-механічні властивості.

Відомо, що реологічні характеристики харчових мас залежать від багатьох параметрів, зокрема природи сировини, сорту борошна [7]. Небажаним є приготування занадто пластичного або занадто крихкого тіста, що визначається такими реологічними показниками як напруження зсуву та в'язкість. Результати досліджень впливу різного вмісту горохового борошна на структурно-механічні властивості тіста наведено на рис.1.

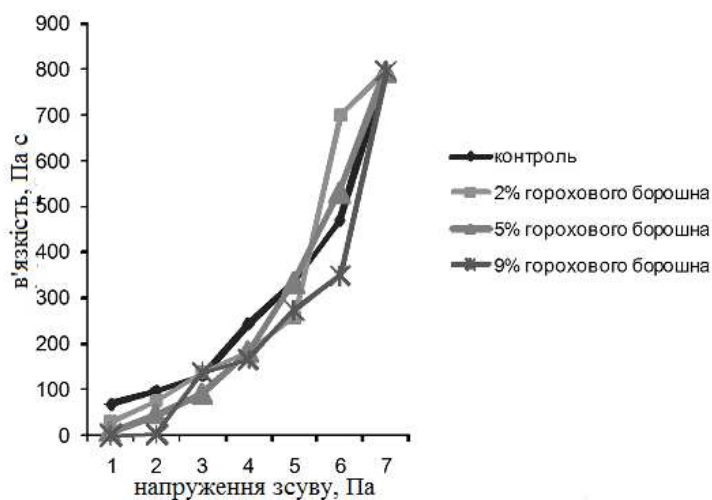


Рис. 1 – Реологічна крива течії зразків тіста з додаванням різної кількості горохового борошна

готового виробу за зміною його пружності. Результати наведено на рис. 2.

З даних, рис. 2 видно, що відносна пружність виробів збільшується із зростанням частки горохового борошна в рецептурі.

Органолептичні властивості контрольного та дослідних зразків виробу (табл. 1) не відрізнялись між собою, що говорить про можливість використання борошна гороху для виготовлення кексів у кількості до 9 % від маси пшеничного борошна.

Розраховано амінокислотний склад кексу, збагаченого гороховим борошном, та основні показники біологічної цінності продукту – амінокислотний СКОР, коефіцієнти надлишковості та утилітарності. За значенням амінокислотного СКОРу можна встановити, за вмістом яких незамінних амінокислот (НАК) білок дослідного продукту не відповідає ідеальному білку ФАО/ВООЗ. Така невідповідність свідчить про порушення збалансованості НАК в продукті із зниження рівня біологічної цінності білка. При цьому про

З рис. 1. видно, що заміна в рецептурі кексів пшеничного борошна на горохове в кількості від 2 до 9 % не впливає на в'язкість тіста. Стійкість до руйнування структури дослідних зразків така сама, як і в контрольному зразку. Це свідчить про відсутність впливу горохового борошна в кількості до 9 % на реологічні властивості тіста для кексів. Органолептичні властивості тіста із збільшенням в рецептурі частки горохового борошна не погіршуються. Лише у зразку з вмістом горохового борошна 9% від маси пшеничного з'являється ледь відчутний запах, характерний для бобових.

Оскільки за результатами реологічних досліджень не вдалося обґрунтувати максимально допустиму кількість горохового борошна в рецептурі, визначали структурно-механічні властивості

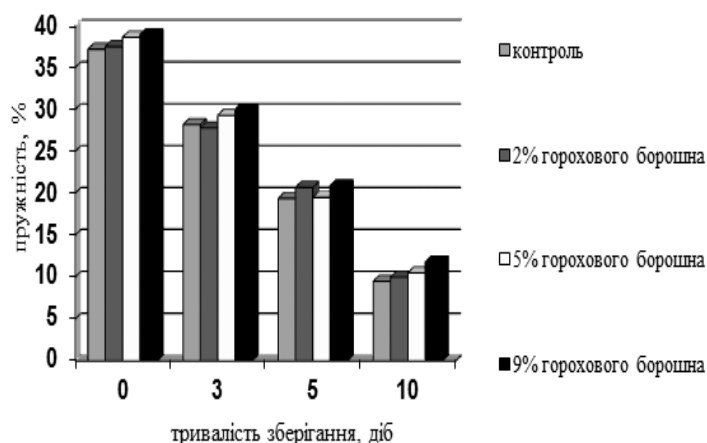


Рис. 2 – Пружність кексів в процесі зберігання

порушення збалансованості свідчить як надлишок НАК в білку (СКОР >1), так і її дефіцит або лімітування (СКОР <1).

За сучасними медико-біологічними уявленнями при наявності лімітування за будь-якою НАК всі інші амінокислоти білка продукту повноцінно використовуються організмом на рівні лімітованої НАК (СКОР якої є найменшим). Коефіцієнт утилітарності (u) амінокислотного складу продукту чисельно характеризує збалансованість усіх НАК білка по відношенню до еталона, або встановленої фізіологічної норми, його значення є розрахунковим коефіцієн-

том засвоюваності білкової частини харчового продукту.

Таблиця 1 – Органолептичні показники кексів з різним вмістом горохового борошна в тісті

Показник	Вміст горохового борошна в тісті, % від маси пшеничного борошна			
	0	2	5	9
Форма	Правильна, без вм'ятин та ушкоджень			
Стан поверхні	Гладка, рівномірна, без тріщин, підривів і притисків, не підгоріла			
Забарвлення скоринки	Коричневе, рівномірне			
Стан м'якушки	Еластична, добре пропечена			
Структура пористості	Пори маленькі, рівномірно розподілені			
Аромат	Приємний, бісквітний, без сторонніх запахів			
Смак	Приємний, бісквітний, без присмаків			
Розжовуваність м'якушки	Добре розжовувана			

Результати розрахунку показників біологічної цінності кексів наведено в табл.2.

З даних табл. 2 видно, що при додаванні у тісто горохового борошна збільшується вміст білка та трьох перших лімітованих амінокислот – лізину, треоніну і валіну. При цьому коефіцієнт утилітарності (u) амінокислот продукту збільшується від 0,56 до 0,71, а коефіцієнт надлишковості (δнад) зменшується з 27,74 до 14,36. Найкращим для забезпечення фізіологічних потреб організму людини в білку є продукт, що містить 9 % горохового борошна від маси пшеничного борошна. Утилізація білка такого продукту буде ефективнішою.

Для збагачення продукту вітамінами та сполуками антиоксидантної дії до його складу вирішено вносити фруктово-ягідну начинку. Для збагачення начинки сполуками антиоксидантного ряду було обрано порошок із аронії, який у своєму складі містить вітамін С та біофлавоноїди. Розроблено рецептуру начинки, до складу якої увійшли яблучний джем та порошок з чорноплідної горобини. Порошок одержували з висушених ягід чорноплідної горобини. Досліджували вміст фенольних сполук, флавонів та вітаміну С – сполук, що є потужними антиоксидантами – у порошок з аронії та заморожених ягодах. Результати досліджень наведено в табл. 3.

З результатів табл. 3 видно, що вміст фенольних сполук та флавонів, що володіють антиоксидантною активністю, є більшим у висушених плодах чорноплідної горобини. Виключення складає вітамін С, якого у висушених плодах майже вдвічі менше. Це може бути зумовлено тим, що ягоди висушувалися і зберігалися за несприятливих для збереження цього вітаміну умов.

З метою встановлення впливу порошку аронії на органолептичні властивості готової начинки для кексів визначали ступінь його набухання, який склав 7,7 %. Для порівняння визначено ступінь набухання порошоків із моркви та гарбуза, які складали відповідно 22 % та 33,9 %. Таким чином, порошок із аронії має меншу водопоглинальну здатність і не буде суттєво впливати на органолептичні показники начинки.

В лабораторних умовах виготовлено 4 зразки начинки, що містили 3, 7, 10 та 15 % порошку з ягід аронії. Як контроль використано яблучний джем. Встановлено, що найкращі органолептичні властивості має композиція, що складається з 90 % яблучного джему і 10 % порошку чорноплідної горобини. В результаті збагачення начинки порошком із чорноплідної горобини в її складі збільшився вміст речовин,

Таблиця 2 – Показники біологічної цінності кексів із додаванням горохового борошна

Показники біологічної цінності		Вміст борошна гороха, % від маси пшеничного борошна			
		0	2	5	9
Вміст білка, %		10,6	10,8	11,0	11,7
Амінокислотний СКОР	лейцин	0,87	0,88	0,88	0,90
	ізолейцин	0,82	0,83	0,84	0,88
	метіонін	0,99	0,98	0,96	0,90
	лізин	0,44	0,46	0,49	0,59
	тирозин + фенілаланін	0,99	0,99	1,00	1,01
	треонін	0,63	0,64	0,65	0,68
	валін	0,69	0,70	0,70	0,72
	триптофан	0,77	0,78	0,80	0,84
СКОР _{min}		0,46	0,46	0,49	0,59
u		0,56	0,59	0,62	0,71
δ _{над}		27,74	25,3	22,11	14,36

Вироби зберігали при кімнатній температурі та відносній вологості повітря не більше 75 % запакованими в поліпропіленову плівку протягом 10 діб. Встановлено, що впродовж усього терміну зберігання погіршення органолептичних властивостей кексів не відбувається. Перші ознаки черствіння контрольних

Таблиця 3 – Вміст сполук, що мають антиоксидантну активність у заморожених ягодах чорноплідної горобини та сухому порошку з ягід

Назва продукту	Вміст, мг%		
	Флавонові	Фенольних сполук	Вітаміну С
Заморожені ягоди	2,66	11,7	53,68
Порошок з висушених ягід	17,99	64,5	30,0

зразків відмічено на 7 добу, а зразків із додаванням горохового борошна – 10 добу від початку зберігання, при цьому ознак мікробіологічного псування не зафіксовано. Патогенних мікроорганізмів у досліджуваних зразках не виявлено.

З використанням принципів харчової комбінаторики, розраховано харчову цінність готового продукту. Розраховували вміст основних нутрієнтів (білків і незамінних амінокислот, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів) у 100 г кексу порівнювали їх із відповідними показниками формули збалансованого харчування. Визначали, наскільки продукт задовольняє потреби організму людини в кожному нутрієнті, розраховуючи інтегральний скор. Результати свідчать про те, що ступінь забезпечення потреби в білках за умови споживання 100 г кексу становить 13,9 %, у жирах – 6,1 %, вуглеводах – 15,7 %, мінеральних речовинах – 4,8...18,5 % (зокрема у залізі – 17,1%, йоді – 3,5 %), вітамінах – 3,97...14,8 %. У порівнянні з продуктом, виготовленим за класичною рецептурою, в новому кексі «Задоволення» збільшився вміст білку, мікро- та мікроелементів, вітамінів, сполук, які володіють антиоксидантною активністю. Енергетична цінність готового виробу складає 309,7 ккал.

Принципова технологічна схема отримання функціонального продукту в порівнянні з традиційною майже не змінюється, лише додається окрема операція приготування начинки змішуванням порошку із чорноплідної горобини та яблучного джему. Горохове борошно дозується і додається до інших компонентів разом з пшеничним борошном на стадії замішування.

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать про можливість заміни 9 % традиційно використовуваного у технології борошняних кондитерських виробів пшеничного борошна на горохове борошно із забезпеченням якості виробів за всіма нормативними показниками відповідно до «ДСТУ 4505:2005 Кекси. Загальні технічні умови».

Використання горохового борошна у виробництві кексів є доцільним з огляду збагачення продукту біологічно цінним білковим компонентом горохового борошна. Внесення до складу начинки для кексів порошку з аронії дозволяє збагатити продукт вітамінно-мінеральним комплексом та сполуками-антиоксидантами. Створення нового виду кексу сприятиме розширенню асортименту борошняних кондитерських виробів функціональної дії.

які володіють антиоксидантною активністю: вітаміну С (до 4,44 мг%), фенольних сполук (6,45 мг%) та флавонові (1,8 мг%), покращились смакоароматичні властивості.

Досліджено зміну органолептичних показників начинки в процесі зберігання протягом одного місяця при $t=+4^{\circ}\text{C}$. Впродовж цього періоду погіршення властивостей та появи ознак мікробіологічного псування не виявлено (ймовірно через задовільні умови приготування начинки та окремих компонентів і через наявність у напівпродукті 68,7 % цукру).

Експериментальні зразки кексів з гороховим борошном та яблучно-аронієвою начинкою було виготовлено на кафедрі технології функціональних харчових продуктів НУХТ та досліджено їх фізико-хімічні та органолептичні властивості. Слід зазначити, що за фізико-хімічними та органолептичними показниками готовий продукт відповідав вимогам чинної нормативно-технічної документації. Вологість готових виробів складала 15,7 %, лужність – 1,6 град.

зразків відмічено на 7 добу, а зразків із додаванням горохового борошна – 10 добу від початку зберігання, при цьому ознак мікробіологічного псування не зафіксовано. Патогенних мікроорганізмів у досліджуваних зразках не виявлено.

З використанням принципів харчової комбінаторики, розраховано харчову цінність готового продукту. Розраховували вміст основних нутрієнтів (білків і незамінних амінокислот, жирів, вуглеводів, міне-

Література

1. Острик А.С. Использование нетрадиционного сырья в кондитерской промышленности [Текст]: Справочник // Острик А.С., Дорохович А.Н., Мироненко Н.В. – К.: Урожай. – 1989.
2. Лурье И. С. Технология кондитерского производства [Текст] / И. Лурье. – М.:Агропромиздат, 1992. – 399 с.
3. Рецептуры на торты, пирожные, кексы и рулеты: в 3 ч. Ч. III. Пирожные, кексы, рулеты, полуфабрикаты [Текст] / Под ред. Л.М. Богатой. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 297 с.
4. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв [Текст]/ В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва, Д.А.Білик, В.Ф. Доценко [та інш.]; під ред. В.І. Дробот. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
5. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений [Текст]/ А.И. Ермаков, В.В.Арасимович - Л.: Агропромиздат. - 1987. - 430 с.
6. Романова С. В., Ковальов С. В. Кількісне визначення фенольних сполук [Текст]// Вісник фармації. – 2009. – № 2. – С. 24 – 26.
7. Кузнецов О.А., Волошин Е.В., Сагитов Р.Ф. Реология пищевых масс [Текст]: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 106 с.

УДК 664.723:3.036.282

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ МИКРОВОЛНОВО-КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ДВИЖУЩЕМСЯ СЛОЕ

**Календерьян В.А., д-р тех. наук, профессор, Бошкова И.Л., канд. техн. наук, доцент
Волгушева Н.В., канд. техн. наук, ассистент, Дементьева Т.Ю., аспирант
Одесская государственная академия холода, г. Одесса**

Приведены схема, методика и результаты расчетов установки для микроволново-конвективной сушки зерновых культур в движущемся плотном слое. Проанализировано влияние скорости слоя и температуры сушильного агента на габариты, удельный влагосъем и удельные энергозатраты. Характеристики слоя сопоставлены с данными для конвективных сушилок.

The scheme, technique and results of calculations of installation for microwave-convective drying of grain crops in a moving dense bed are resulted. Influence of speed of a layer and temperature the drying agent on dimensions and specific power inputs is analysed. Layer characteristics are compared with the data for convective dryers.

Ключевые слова: скорость сушки, удельный влагосъем, удельные энергозатраты, влагосодержание, температура, сушилка.

В настоящее время для сушки зерновых наиболее распространены конвективные сушилки, имеющие ряд существенных недостатков, которые могут быть частично устранены при микроволново-конвективном подводе теплоты. Исследования МВ-конвективной сушки картофеля [1] показали, что энергозатраты и длительность процесса сушки при дополнительном микроволновом энергоподводе сокращаются на 30 % раза по сравнению с конвективной сушкой. При исследовании кинетики сушки зерна гречихи [2] получены убедительные доказательства применимости микроволновых технологий и целесообразности разработок микроволновых сушилок. В [3] подчеркивается эффективность микроволновой обработки для сушки семенного зерна. При сушке зерна в МВ поле удачно сочетаются процессы удаления влаги и дезинсекции, дезинфекции [4]. Внутренние источники теплоты, создаваемые при МВ-нагреве, приводят к повышению температуры и давления внутри зерна и к значительному ускорению перемещения влаги изнутри зерен к их поверхности [5]. При конвективной, как и при кондуктивной сушке температура на поверхности зерен выше, чем внутри, градиенты температуры, и, соответственно, давления препятствуют перемещению влаги к поверхности. Нагрев в МВ поле производит обратное действие: температура внутри зерен становится выше, чем на поверхности, и градиенты температуры и давления содействуют перемещению влаги к поверхности, а одновременная продувка через слой сушильного агента – ее интенсивному испарению. В результате скорость сушки существенно увеличивается. Однако данные по кинетике микроволново-конвективной сушки зерновых культур в литературе практически отсутствуют. В данной статье приведены результаты вариантных расчетов установки для МВ-конвективной сушки зерновых культур на примере ячменя и овса и анализируется влияние скорости слоя

и температуры сушильного агента на скорость сушки, удельный объемный влагосъем, удельные энергозатраты и габариты основных элементов установки.

Схема установки приведена на рис. 1 [6]. Она содержит засыпной бункер 1, установленный над шахтной сушилкой. По обе стороны сушилки расположены отсеки 3, 4, в которых размещены МВ модули 5, состоящие из магнетронов 6, волноводов 7 и антенных излучателей 8. Отсеки МВ модулей сделаны влагонепроницаемыми и отделены от внутреннего пространства сушилки 2 радиопрозрачной перегородкой 9. Тепловой режим МВ модулей обеспечивается принудительным воздушным охлаждением. Под сушилкой расположен контактный охладитель 10 высушенного материала, под ним – выпускное устройство 11 для регулирования производительности и обеспечения движения материала в виде плотного слоя. В засыпном бункере размещен рекуперативный трубчатый подогреватель 12 влажного материала. Охладитель, сушилка и рекуперативный подогреватель соединены между собой системой воздухопроводов для последовательной продувки через них воздуха вентилятором 13. В средней части сушилки и охладителя выполнен вертикальный канал 14 для отвода воздуха из охладителя в сушилку. Через жалюзи 15 и 16 воздух из канала 14 поступает в слой, который перемещается соответственно в левой 17 и правой 18 секциях сушилки, продувает его в горизонтальном направлении и через жалюзи 19 и 20 отводится в воздухопроводы 21 и 22. Затем воздух поступает в воздухопровод 23 и дальше – в рекуперативный подогреватель. Из сушилки высушенный материал перемещается вниз в охладитель, где осуществляется продувка через него воздуха из окружающей среды. В охладитель воздух поступает через диффузоры 24 и 25, и жалюзи 26 и 27 соответственно, продувает материал, и через жалюзи 28 и 29 отводится к вертикальный канал, откуда попадает в сушилку. Из охладителя материал поступает вниз в выпускное устройство и оттуда в нижний бункер (условно не показан).

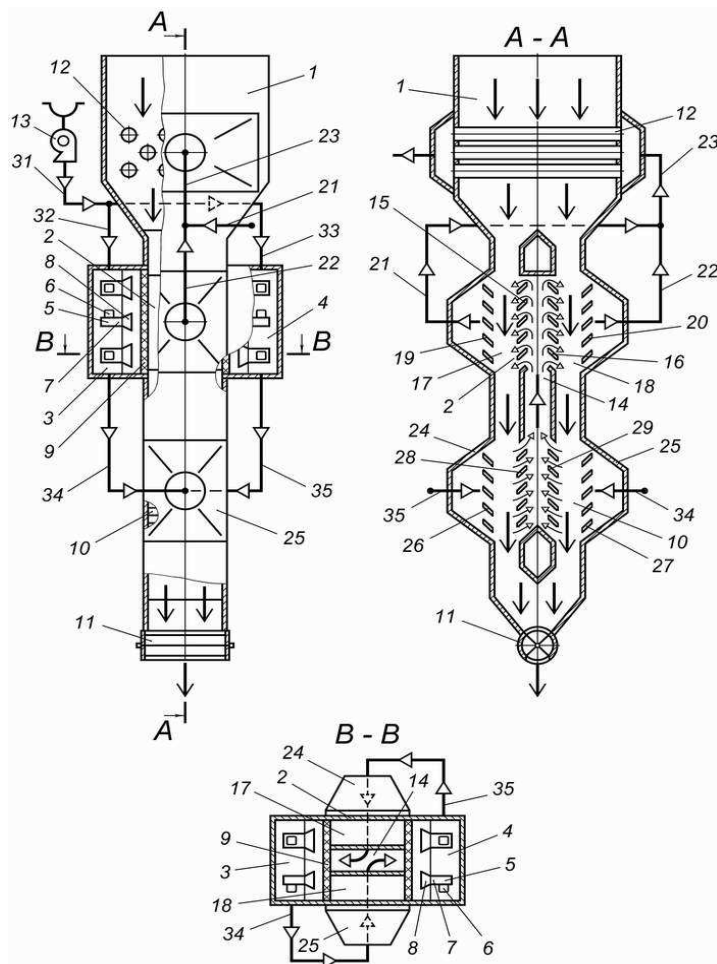


Рис. 1 – Установка для микроволново-конвективной сушки дисперсных материалов в плотном движущемся слое

Для оценки характеристик установки разработаны методика и программа ее расчета [7], выполнены варианты расчеты. В методике использованы эмпирические формулы для скорости микроволново-конвективной сушки, обобщенные зависимости, описывающие изменение среднеинтегральных влагосодержаний материала в процессе сушки [2, 8, 9], а также аналитические зависимости для распределения температур компонентов по высоте сушилки [10-12].

Исходные данные, необходимые для расчета установки:

род материала;

род сушильного агента;

производительность установки по влажному материалу G_m , кг/с;

влагосодержание материала на входе u_0 и на выходе u_k из сушилки, кг/кг;

температура материала на входе в установку t_{m1} , °С;

максимально допустимая температура материала t_{max} , °С;

температуры сушильного агента на входе в охладитель t_{e1} , °С.

Следует задаться следующими величинами:

температурой материала на выходе из охладителя t_{m3} , на входе в сушилку (на выходе из охладителя)

t_{m0} , на выходе из сушилки t_{m2} , °С;

скоростью движения слоя материала в сушилке w_m , м/с;

плотностью приведенного теплового потока q_n , Вт/кг;

температурой сушильного агента (воздуха) на выходе из охладителя t_{e0} , °С.

Расчет целесообразно вести методом последовательных приближений в следующей последовательности.

Определить тепловой поток, который необходимо отвести от высушенного материала в охладителе

$$Q_{охл} = G_m \frac{1+u_k}{1+u_0} c_m (t_{m2} - t_{m3}), \text{ Вт} \quad (1)$$

Определить расход охлаждающего воздуха

$$G_e = \frac{Q_{охл}}{\bar{c}_{pe}(t_{e0} - t_{e1})}, \text{ кг/с} \quad (2)$$

Определить площадь поперечного сечения сушилки

$$f = \frac{G_m}{\rho_m(1-\varepsilon)w_m}, \text{ м}^2 \quad (3)$$

Определить скорость воздуха в сушилке, число Рейнольдса

$$w_e = \frac{G_e}{\bar{\rho}_e f}, \text{ м/с}, \quad Re = \frac{w_e d}{\nu} \quad (4)$$

Найти скорость сушки в периоде постоянной скорости по принятому значению плотности приведенного теплового потока $q_n = \frac{Q_n}{M}$:

$$N_1 = 1,57 \cdot 10^{-7} (q_n)^{1,17} (1 + 0,006 Re)(t_{e1}/t_{e0}), \text{ с}^{-1} \quad (5)$$

Рассчитать безразмерный комплекс $A = N_1 \tau / u_0$ из обобщенного уравнения для влагосодержания, найдя предварительно

$$U_k = \frac{u_k}{u_0} : U_k = 1,016 - 0,332A - 1,449A^2 + 1,091A^3 \quad (6)$$

Найти необходимое время сушки τ :

$$\tau = \frac{A u_0}{N_1}, \text{ с} \quad (7)$$

Определить высоту и объем сушилки

$$h = w_m \tau, \text{ м} \quad (8) \quad V_c = f \cdot h, \text{ м}^3 \quad (9)$$

Найти массу материала в сушилке $M = \rho_m(1-\varepsilon)V_c$, кг (10)

Рассчитать полезный тепловой поток, подведенный к материалу в сушилке от магнетронов:

$$Q_n = G_m \bar{c}_m (t_{m2} - t_{m0}) + \frac{G_m r}{1+u_0} (u_0 - u_k) \quad (11)$$

Найти значение производительности положительного источника теплоты в слое, обусловленного поглощением МВ энергии влажным материалом:

$$q_{v1} = Q_n / V_c, \text{ Вт/м}^3 \quad (12)$$

Найти плотность приведенного теплового потока $q_n = Q_n / M$ и сравнить с принятым, в случае расхождения перезадаваться значением q_n и повторять расчет до достижения удовлетворительного согласования.

Найти значение производительности отрицательного источника теплоты в слое, обусловленного испарением влаги, из формулы:

$$q_{v2} = -N_1 \cdot r \cdot [\rho_m(1 - \varepsilon) / (1 + u_0)], \text{ Вт/м}^3 \quad (13)$$

Найти распределение температур твердого (частиц) и газового (воздуха) компонентов по высоте сушилки, в том числе в выходном сечении (при $x=h$), приняв $q_{v1} = const$

$$\vartheta_z = \frac{B_1 \vartheta_{m0}}{P_2} (e^{P_2 x} - 1) + B_1 (H_1 + H_2) \cdot \left(\frac{1}{P_2^2} e^{P_2 x} - \frac{1}{P_2^2} - \frac{x}{P_2} \right) \quad (14)$$

$$\vartheta_m = \vartheta_z + \vartheta_{m0} e^{P_2 x} + \frac{H_1 + H_2}{P_2} (e^{P_2 x} - 1) \quad (15)$$

$$B_1 = \frac{\alpha_m a}{\rho_z c_{pz} \varepsilon w_z}, \text{ м}^{-1}, \quad B_2 = \frac{\alpha_m a}{\rho_m c_m (1 - \varepsilon) w_m}, \text{ м}^{-1} \quad (16)$$

$$H_1 = \frac{q_{v1}}{\rho_m c_m (1 - \varepsilon) w_m}, \text{ К/м}; \quad H_2 = \frac{q_{v2}}{\rho_m c_m (1 - \varepsilon) w_m}, \text{ К/м} \quad (17)$$

$$P_2 = -(B_1 + B_2) \quad (18) - \text{корень характеристического уравнения}$$

Здесь: $\vartheta_z = t_z - t_{z0}$; $\vartheta_m = t_m - t_{z0}$; $\vartheta_{m0} = t_{m0} - t_{z0}$ – избыточные температуры компонентов.

Сравнить полученные в результате расчетов значения температур компонентов на выходе из сушилки с принятыми. При неудовлетворительном согласовании перезадаваться этими значениями и повторять расчет до тех пор, пока не будет достигнута нужная сходимость.

Определить влагосъем $\Delta G_{вл} = \frac{G_m}{1 + u_0} (u_0 - u_k), \text{ кг/с} \quad (19)$

Определить суммарную мощность магнетронов, удельный объемный влагосъем и удельный расход теплоты на 1 кг испаренной влаги:

$$P = Q_n / (\eta_k \eta_m), \text{ Вт} \quad (20)$$

здесь η_k, η_m - кпд сушильной камеры и магнетрона.

$$G_{вл}^{y0} = G_{вл} / V_c, \text{ кг/(м}^3 \text{с)} \quad (21)$$

$$Q_{y0} = P / G_{вл}, \text{ Дж/кг} \quad (22)$$

Расчеты рекуперативного подогревателя 12 и контактного охладителя 10 проводились по рекомендациям [13].

В расчетах варьировались значения скорости движения материала от 0,5 до 1,5 мм/с, температуры продуваемого воздуха на входе в сушилку – от 20 до 50 °С. Ниже приведены результаты вариантных расчетов установки для сушки овса производительностью $G_m = 0,3 \text{ кг/с}$ при следующих исходных данных: $u_0 = 0,2 \text{ кг/кг}$, $u_k = 0,14 \text{ кг/кг}$, $t_{m1} = 15 \text{ °С}$, $t_{max} = 60 \text{ °С}$, $t_{z1} = 20 \text{ °С}$, сушильный агент – воздух.

С увеличением скорости слоя при $G_m = idem$ уменьшается поперечное сечение сушилки и время пребывания в ней материала. Для обеспечения времени, необходимого для достижения заданного конечного влагосодержания, приходится увеличивать высоту. В связи с уменьшением сечения сушилки возрастает скорость воздуха в слое, что приводит к незначительной интенсификации процесса сушки и росту удельного влагосъема. Удельные энергозатраты практически не зависят от скорости слоя. Значение w_m следует выбирать таким, чтобы было обеспечено рациональное соотношение размеров поперечного сечения и высоты сушилки. Для повышения температуры воздуха на входе в сушилку (т.е. на выходе из охладителя высушенного материала) необходимо снизить его расход через охладитель (при $Q_{охл} = idem$), что приводит к уменьшению скорости в слое. При уменьшении скорости продуваемого воздуха скорость сушки снижается, при повышении его температуры – возрастает. Противоположное влияние указанных факторов обеспечивает незначительный рост скорости сушки, уменьшение высоты и объема сушилки,

увеличение удельного влагосъема (рис.2а,б). Удельные затраты энергии тем больше, чем выше температура воздуха на входе в сушилку (рис. 2в).

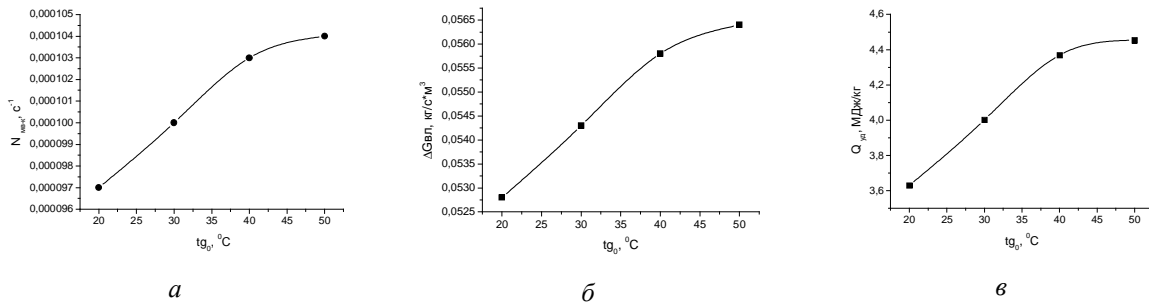


Рис. 2 – Зависимость скорости сушки (а), удельного влагосъема (б), удельных затрат теплоты на сушку (в) от температуры воздуха

На рис. 3 представлено изменение влагосодержания зерна и температур зерна и воздуха. Как видно из рис. 3а, влагосодержание изменяется по линейному закону, т.е. процесс удаления влаги протекает в периоде постоянной скорости сушки. На входном участке температура зерна падает, а воздуха возрастает в связи с межкомпонентным теплообменом, затем их изменение определяется соотношением производительностей положительного (q_{v1}) и отрицательного (q_{v2}) внутренних источников теплоты.

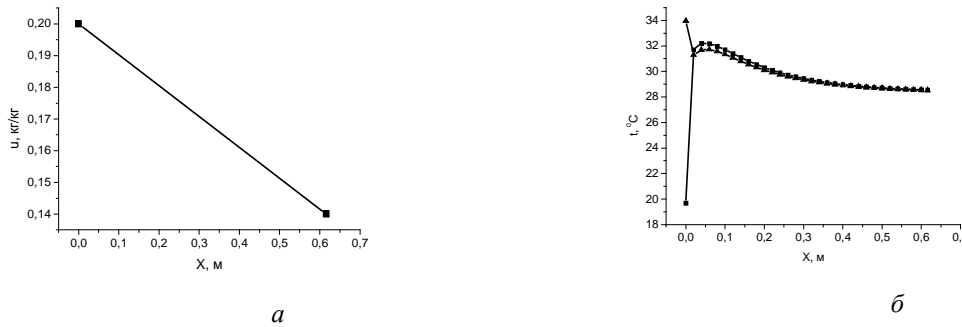


Рис. 3 – Изменение влагосодержания зерна по высоте сушилки (а), температуры воздуха ■ и зерна ▲ по высоте сушилки (б). $w_m = 1$ мм/с, $t_{c0} = 20$ °С

Анализ результатов расчетов, полученных при постоянном расходе зерна $G_m = idem$ и при постоянной разности начального и конечного влагосодержания зерна $u_0 - u_k = idem$, показал, что увеличение скорости движения зерна в 3 раза приводит к такому же увеличению высоты сушилки и уменьшению ее площади поперечного сечения при постоянстве объема $V = idem$. Изменение скорости движения зерна не оказывает влияния на необходимую мощность, подводимую от магнеронов, в также на удельный влагосъем. С увеличением температуры растут удельные затраты энергии (приблизительно на 20%), при этом скорость сушки и удельный влагосъем растут незначительно. Рациональным сочетанием варьируемых параметров являются следующие: скорость движения зерна 1 мм/с, температура продувающего воздуха на входе в сушилку 30 °С.

При этих параметрах температуры материала и воздуха на выходе из сушилки $t_{m2} = 40$ °С, $t_{c2} = 39,9$ °С, высота сушилки 0,63 м, ее объем – 0,29 м³, удельный объемный влагосъем 0,0543 кг/(м³с), удельный расход энергии на 1 кг испаренной влаги 4,002 кДж/кг; площадь поверхности рекуперативного теплообменника 3,2 м², поперечное сечение охладителя высушенного материала 1,65 м², толщина слоя 0,04 м, потери давления в слое 165 Па.

В табл. 1 приведены основные характеристики микроволново-конвективной сушилки (МКС), являющейся предметом данной работы, стационарных зерносушилок от компании RIELA (Германия) и сушилки непрерывного действия Mathews Company серия MC-975.

Таблица 1 – Характеристики сушилок

Тип сушилки	Технические характеристики					
	$P_{\text{потр}}$, кВт	$u_0 - u_k$	Объем сушилки, м ³	Производительность по влажному зерну, т/ч	Удельный влагосъем,, (кг/кг)/м ³	Удельный расход теплоты кДж/кг ^{влаг}
МКС	61,23	20-14	0,276	1,08	0,0543	4002
RIELA Alu 240/5/1	419,25	19-15	7,5	6,5	0,0074	7486
МС-975	1163	17-12	25,1	17,5	0,0082	5618,3
СЗЖ-10	913	20-14	12	10	0,042	6476,6
СЗК-15ж	1200	20-14	25	15	0,0083	5169

Как видно из таблицы, удельный влагосъем в микроволново-конвективной сушилке примерно на порядок выше, а удельные затраты энергии на (25 – 50) % ниже, чем в конвективных сушилках.

Литература

1. Рудобашта С.В. Осциллирующие режимы в технологиях сушки некоторых растительных материалов // VI Минский междунар. форум по тепло- и массообмену. Тезисы докладов и сообщений. Минск. – 2008. – Т. 1. – С. 36-37.
2. Волгушева Н.В. Кінетика сушіння щільного шару дисперсного матеріалу (на прикладі гречки) при різних способах підведення теплоти // Автореферат канд. дис. Одеса. – 2005. – 12с.
3. Калинин Л. Г., Сердюк Л. В., Овсянникова Л. К., Орлова С. С. Эффективность использования микроволновой энергии для сушки семенного зерна // Хранение и переработка зерна. – 1999. – №2. – С. 9-10.
4. Юсупова Г. Г. Влияние электромагнитного поля СВЧ на микроскопические грибы и их метаболиты // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – №12. – С. 67- 69.
5. Mijumdar A. S., Kudra T. Progress in drying technologies.- 2001. – V. 7. – 459 p.
6. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Установка для микроволново-конвективного сушіння дисперсних матеріалів у щільному рухомому шарі. Патент України у 2008 09907 – 2008. – бюлл № 24.
7. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Установка для микроволново-конвективной сушки дисперсных материалов в движущемся слое // Труды Международного научно-технического семинара «Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов». – Воронеж. – 2010. – с. 505-514.
8. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Исследование кинетики сушки крупы гречихи в микроволновом электромагнитном поле // ИФЖ. – 2006. – №3. – т. 79. – С.123 – 127.
9. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Температурное поле в движущемся плотном слое дисперсного материала при микроволново-конвективной сушке // VI Минский Межд. Форум по тепло-и массообмену. Минск. – 2008. Тезисы докладов и сообщений. – Т2. – С. 206-207.
10. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Математические модели теплопереноса в процессе сушки дисперсных материалов в плотном движущемся слое при различных способах подвода теплоты // Холодильна техніка і технологія. – 2008. – №11. – С.65-68.
11. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Кинетика микроволновой сушки зерновых культур // VI Минский Межд. Форум по тепло-и массообмену. Минск. – 2008. Тезисы докладов и сообщений. – Т2. – С.204-205.
12. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Влияние режимных параметров на распределение температур в движущемся плотном слое дисперсного материала при микроволново-конвективной сушке // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т.32. – № 1.– С. 37-44.
13. Горбис З.Р., Календерьян В.А. Теплообменники с проточными дисперсными теплоносителями. М: Энергия. – 1975. – 296 с.

УДК 656.135 : 633.1 : 664.724.013

ДИНАМІКА І ПЕРІОДИ НАДХОДЖЕННЯ ЗЕРНА АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ НА ПІДПРИЄМСТВА ПІВДЕННИХ ТА ЦЕНТРАЛЬНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Станкевич Г.Н., д-р техн. наук, професор, Страхова Т.В., канд. техн. наук, доцент,
Будюк Л.Ф., канд. техн. наук, доцент,
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

На основі аналізу виробничих даних елеваторів, розташованих у південних і центральних регіонах України, уточнені періоди та нерівномірність надходження зерна на підприємства.

Based on the analysis of production data silos, located in southern and central regions of Ukraine, specified periods and the uneven flow of grain to the company.

Ключові слова: зерно, елеватор, автомобільний транспорт, надходження зерна.

Нарощування темпів виробництва зерна ставить перед підприємствами, що здійснюють його приймання та зберігання, нові вимоги щодо вчасного та безперебійного приймання збіжжя. Крім будівництва нових сучасних зерносушарок, збільшення ємності діючих підприємств та вдосконалення технічної бази, на наш погляд, особливу увагу слід приділяти аналізу організації процесу приймання зерна з автомобільного транспорту з урахуванням особливостей різних регіонів країни.

Для ефективної організації приймання зерна необхідно враховувати нерівномірний характер його надходження протягом певного періоду.

Основна кількість вирощеного врожаю проходить первинну обробку у сільгоспвиробників зерна, що дозволяє зменшити засміченість зерна, підвищити його якість і, відповідно, вартість. При сприятливих умовах виробники зерна можуть досить тривало зберігати зерно в господарствах, очікуючи підвищення цін, а у випадках, коли зерно має підвищену вологість — вони змушені швидше здавати зерно на підприємства, які мають зерносушарки. На тривалість періоду приймання зерна можуть також впливати такі фактори, як забезпеченість автомобільним транспортом, об'єми надходження зерна, рівень механізації.

Для аналізу характеру роботи підприємств по прийманню зерна з автомобільного транспорту необхідно мати такі показники: період найбільш інтенсивного надходження зерна на підприємство P_p , коли надходить 80 % усього обсягу зерна; динаміка надходження зерна за період P_p , яка характеризується коефіцієнтом добової нерівномірності надходження зерна K_d [1, 2]. На основі цих показників при проектуванні підприємств розраховують необхідну кількість та продуктивність технологічного і транспортного обладнання, а також пристроїв, що забезпечують безперебійне приймання зерна. При проектуванні нових та реконструкції діючих підприємств ці показники рекомендовано визначати для кожного підприємства окремо, що не завжди можна здійснити. Тому дуже важливо мати усереднені значення вказаних показників для різних регіонів.

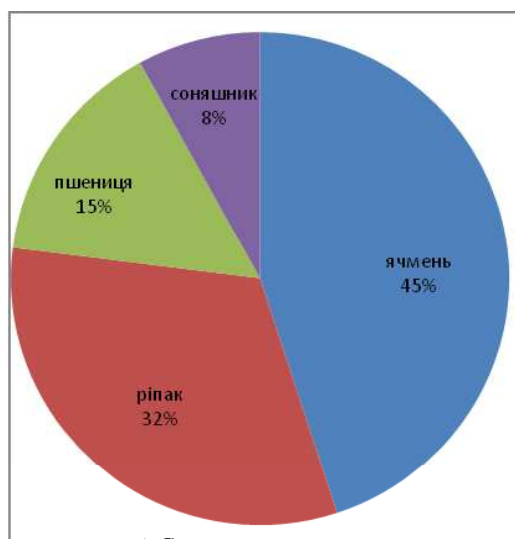
У «Відомчих нормах технологічного проектування хлібоприймальних підприємств та елеваторів» [1] запропоновано період надходження зерна P_p приймати для колосових культур 10, 15, 20, 25, 30 діб; для кукурудзи і соняшнику 25 діб, для рису-зерна 20 діб.

Метою дослідження була перевірка фактичних періодів надходження зерна на ряд підприємств центрального та південного регіонів. Для цього були зібрані необхідні дані за кілька років та проведено їх обробку і аналіз.

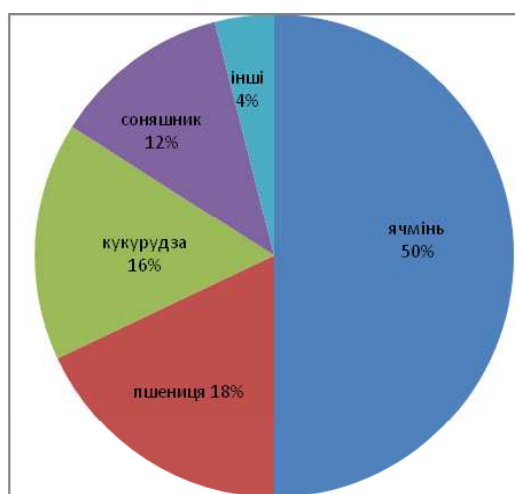
Таблиця 1 – Значення коефіцієнта добової нерівномірності надходження зерна K_d (згідно відомчих норм)

Об'єм надходження зерна за розрахунковий період, тис. т	Тривалість періоду P_p , діб		
	до 15	до 20	до 30
До 25 вкл.	1,7	1,6	1,7
Від 25 до 50 вкл.	1,6	1,6	1,6
Від 50 до 100 вкл.	1,5	1,5	1,6
Більше 100	1,4	1,5	1,6

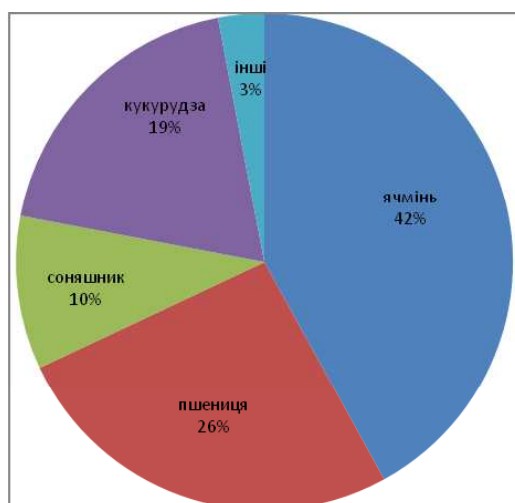
У Південному регіоні в Одеській області необхідна для дослідження дані були зібрані на ДП з П «Сантрейд» (Саратський елеватор), який у своєму складі містить елеватор збірної конструкції, що має шість силосних корпусів місткістю 113 тис. тонн та складську місткістю 61,3 тис. тонн. На рис. 1 наведено співвідношення об'ємів приймання різних культур, що надходять на різні підприємства, зокрема на



а) Саратовський елеватор



б) Братолубівський елеватор



в) Новомиргородський елеватор

Рис. 1 – Співвідношення об'ємів приймання культур, що надходили з автотранспорту на підприємства

досліджуваний елеватор (рис. 1-а). Обсяги надходження зерна з автотранспорту на Саратовський елеватор в середньому знаходяться в інтервалі від 50 до 100 тис. тонн включно.

У Херсонській області досліджували ДП ДАК «Хліб України» «Братолубівський елеватор», у якого елеватор збірної конструкції місткістю 149,3 тис. тонн має вісім силосних корпусів, складська місткість складає 38,4 тис. тонн. На рис. 1-б наведено співвідношення обсягів культур, що надходять на дане підприємство. Обсяги надходження зерна з автотранспорту в середньому також знаходяться в інтервалі від 50 до 100 тис. тонн.

У Центральному регіоні дослідження проводили на ВАТ «Новомиргородський елеватор», який у своєму складі містить елеватор збірної конструкції місткістю 75 тис. тонн, що має шість силосних корпусів та склади місткістю 36 тис. тонн. На рис. 1-в наведено співвідношення обсягів культур, що надходять на підприємство з автомобільного транспорту. В середньому обсяги надходження зерна з автотранспорту знаходяться в інтервалі від 25 до 50 тис. тонн включно.

Як показали зібрані дані, початок надходження зерна на підприємства відрізняється для Південних та Центральних регіонів вказаних областей на два тижні. Так, в Одеській та Херсонській областях зерно починає надходити на підприємства у середині червня, а в Кіровоградській області — у першій половині липня.

Для всіх отриманих даних були побудовані гістограми надходження зерна на підприємства окремо для ранніх і пізніх культур. Для визначення коефіцієнта добової нерівномірності надходження зерна K_d необхідно поділити максимальне добове надходження на середньодобове за період надходження. Оскільки максимальне добове надходження є випадковою величиною, то цю величину знаходять як середньоарифметичне з трьох максимальних добових надходжень зерна.

На наступному етапі для кожного графіка надходження зерна будували інтегральні криві надходження, використовуючи дані надходження наростаючим підсумком, на осі абсцис відкладали дні надходження зерна, а на осі ординат — обсяги зерна, у відсотках від загального обсягу. Через точки проводили інтегральну криву, потім на неї знаходили точку перетину і через неї проводили дотичну до перетину з абсцисами 100 і 0. Із отриманих точок перетину проводили перпендикуляри до перетину з кривою. Різниця абсцис знайдених точок кривої перетину визначає розрахунковий період надходження P_r , а різниця ординат — обсяги надходження за цей період.

На рис. 2 та 3, як приклад, наведено гістограму добового надходження зерна та інтегральну криву для «Саратовського елеватора» за 2010 рік. Аналогічні гістограми та інтегральні криві були побудовані для інших досліджених підприємств. Використовуючи описану вище методику для них були розраховані періоди P_r та коефіцієнти добової нерівномірності K_d надходження зерна, які зведені в табл. 2.

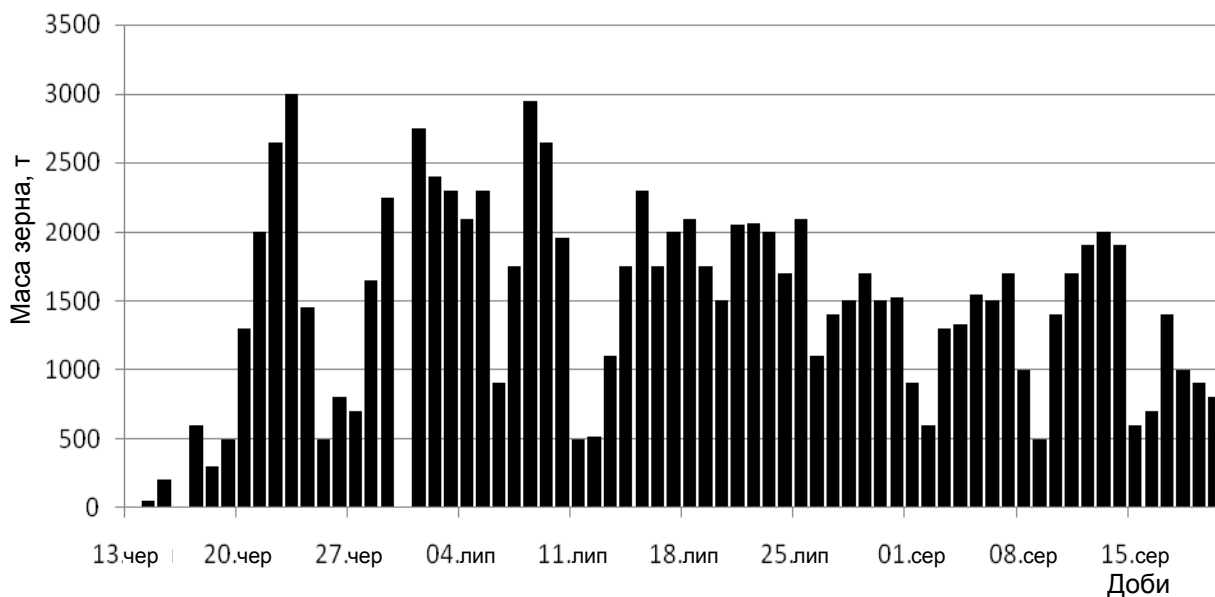


Рис. 2 – Гістограма добового надходження зерна ранніх культур автотранспортом на Саратовському елеваторі за 2010 рік

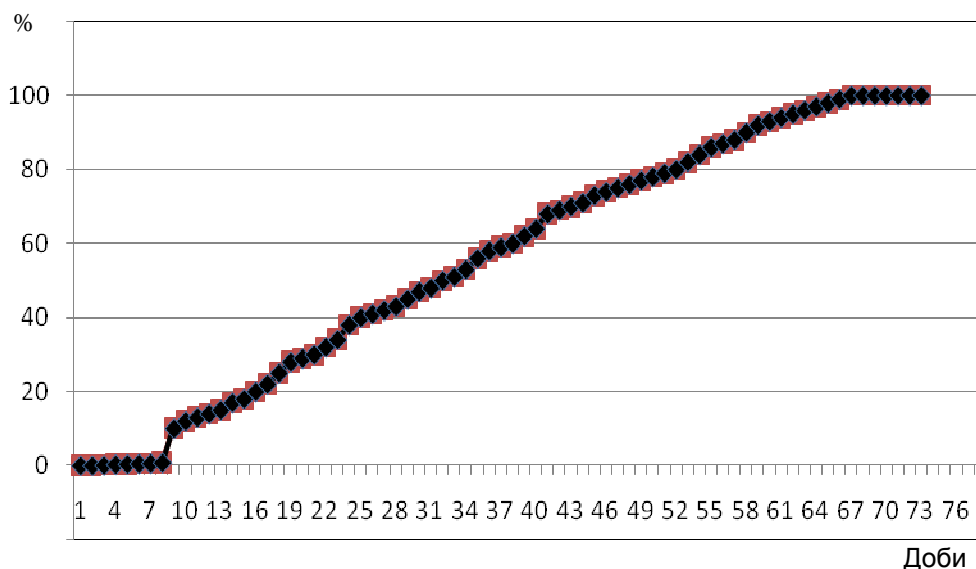


Рис. 3 – Інтегральна крива надходження зерна ранніх культур автотранспортом на Саратовському елеваторі за 2010 рік

Таблиця 2 – Значення періоду надходження Pr та коефіцієнта добової нерівномірності надходження Kd

Підприємство та роки надходження зерна	Ранні культури		Пізні культури	
	Pr	Kd	Pr	Kd
Саратовський елеватор, 2009 р.	36	2,0	35	2,5
Саратовський елеватор, 2010 р.	53	2,2	35	3,0
Новомиргородський елеватор, 2004 р.	42	1,9	28	3,0
Новомиргородський елеватор, 2005 р.	32	2,9	23	2,9
Новомиргородський елеватор, 2006 р.	46	1,9	29	2,3
Новомиргородський елеватор, 2007 р.	45	3,4	28	1,8
Братолюбівський елеватор, 2010 р.	42	2,0	–	–

У переважній більшості областей України жнива тривають від 10 до 16 днів, а отже назвати період надходження зерна на підприємства періодом заготівлі при таких термінах надходження зерна неможливо, як для ранніх, так і для пізніх культур. Однак, період надходження зерна пізніх культур ближче до встановленого періоду заготівель у «Відомчих нормах...», що можна пояснити підвищеною вологістю пізніх культур і вимушеною необхідністю здавати їх на підприємства для подальшого сушіння. Період надходження зерна ранніх культур значно перевищує період заготівлі у «Відомчих нормах...».

Аналіз даних по коефіцієнтах добової нерівномірності надходження зерна показує, що вони значно перевищують значення, які пропонуються у «Відомчих нормах...», як для ранніх, так і для пізніх культур. Така нерівномірність може привести до виникнення черги автомобілів, які привозять зерно на підприємство, а при проектуванні елеваторів використання для розрахунку устаткування завищених коефіцієнтів може привести до необґрунтованого збільшення приймальних пристроїв, які будуть використовуватись не ефективно протягом усього періоду надходження зерна.

Безумовно, причина полягає в організації перевезення зерна автомобільним транспортом на підприємства і тому необхідно вивчити усі фактори, які впливають на цей процес в нових умовах, коли виробництво зерна належить приватним власникам. Необхідно провести дослідження у даному напрямку для всіх регіонів України та значно розширити коло підприємств різних форм власності, на які надходить зерно, для обґрунтованого висновку щодо тривалості надходження зерна на підприємства P_r та коефіцієнта добової нерівномірності його надходження K_d .

Таким чином, враховуючи значні відхилення фактичних періодів P_r та коефіцієнтів добової нерівномірності K_d надходження зерна на підприємства від рекомендованих значень у «Відомчих нормах...» [1], реконструкцію підприємств чи удосконалення їх технологічних процесів необхідно проводити за фактичними значеннями P_r та K_d , що дозволить враховувати реальні виробничі умови підприємств та значно підвищити ефективність їх подальшої роботи.

Література

1. Відомчі норми технологічного проектування хлібоприймальних підприємств та елеваторів (ВНТП-СГП-46-28-98). – Харків, 1995.
2. Гудилин А.В. Технология обработки зерна на элеваторах / А.В. Гудилин, С.М. Савченко – М.: Колос, 1982. – 124 С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ

Грюнвальд Н. В., директор

Государственный центр сертификации и экспертизы зерна и продуктов его переработки, г. Киев

Позитивное развитие сельскохозяйственной отрасли зависит не только от благоприятных естественных условий, а также и от экономических и аграрно-политических отношений.

Это касается в первую очередь контроля показателей качества и безопасности сельскохозяйственного сырья и продукции, поскольку Украина занимает в этой области одно из ведущих мест в мире.

При этом среди факторов риска выделяют 4 группы вредных для здоровья веществ: токсичные элементы, микотоксины, радионуклиды и пестициды, а также содержание или отсутствие ГМО.

Токсичные элементы.

В данную группу вредных неорганических примесей входят тяжелые металлы: свинец, кадмий, ртуть, медь и цинк, а также токсичный элемент – мышьяк. Токсичные элементы имеют свойство накапливаться в организме человека и животных, вызывая со временем токсикозы различной тяжести. Основными источниками этих загрязнений является промышленная и хозяйственная деятельность человека, загрязнение окружающей среды отходами и выбросами индустриального комплекса, а также использование минеральных удобрений и пестицидов.

Микотоксины.

Микотоксины представляют собой токсичные продукты жизнедеятельности различных плесневых грибов, которые могут развиваться на подходящих средах вследствие болезней растений или нарушения условий хранения продукции. Микотоксины, также как и тяжелые металлы, способны накапливаться в организме человека и животных, вызывая тяжелые поражение печени. Кроме того, они также являются потенциальными канцерогенами и проявляют мутагенную активность.

Радионуклиды.

В эту группу факторов риска включены два радиоактивных изотопа: стронций-90 и цезий-137. Оба радионуклида обладают большой биологической опасностью, поскольку они способны накапливаться в растениях, богатых калием, а также в мышечной ткани животных. Накопление в организме животных и человека радионуклидов приводит к облучению всего организма в целом, вызывает развитие онкологических заболеваний крови, кровеносной системы и опорно-двигательного аппарата.

Пестициды.

Это – наиболее обширная и разнообразная по природе группа токсичных веществ химического и биологического происхождения. Чаще всего в мировой практике под пестицидами понимают собирательное название химических средств защиты растений. Все пестициды являются физиологически активными веществами, их накопление в организме может приводить к тяжелым острым и хроническим отравлениям, вызывать рост новообразований, оказывать мутагенное и тератогенное действие.

Поэтому общественность требует полной и достоверной информации относительно состава продуктов питания и возможной опасности их потребления

В этой связи законодательное регулирование требований к качеству и безопасности сырья и продукции выполняет Закон Украины «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини». Этот Закон регулирует взаимоотношения при обеспечении безопасности и качества продукции между органами центральной исполнительной власти, производителями, продавцами (поставщиками) и потребителями продукции, которая производится, находится в обороте, импортируется или экспортируется.

В статье 1 указанного Закона определены базовые понятия, которые служат для всестороннего описания продукции и требований, касающихся ее безопасности и качества. В частности, дается определение понятиям: безопасный пищевой продукт; максимальная граница остаточных количеств веществ (максимально допустимый уровень); максимальный уровень, фактор небезопасности (риска), небезопасный пищевой продукт, пригодность пищевого продукта.

Статья 3 Закона раскрывает смысл государственного обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов, а статья 4 устанавливает систему государственных органов, на которые возложены конкретные функции в рамках этой системы и, в частности, на центральный орган власти по вопросам аграрной политики.

В отношении требований к оценке качества и безопасности продукции статья 9 Закона формулирует критерии, предъявляемые к лабораториям в целом, выполняемым ими измерениям, а также методам и методологии измерений.

В области контроля качества и безопасности зерна и продуктов его переработки действует система национальных стандартов Украины. В качестве одного из примеров можно привести ДСТУ 3768:2010 «Пшеница. Технические условия». В частности в разделе 4 стандарта установлены требования по безопасности зерна и продуктов его переработки.

ГМО.

Генная инженерия обещает реальное решение многих проблем, но остается часто предметом жарких споров и расхождений, особенно в Европе.

Учитывая глобальный поток товаров из Украины, государственные службы делают все необходимое, чтобы как можно быстрее установить единые стандарты в сфере контроля качества пищевых продуктов, а также относительно генетически модифицированных растений.

Мировое выращивание генетически модифицированных сортов сосредоточено на четырех видах сельскохозяйственных культур: соя, кукуруза, хлопок и рапс.

Во всем мире нет стандартной процедуры разрешения на выращивание или обработку ГМ культур. Каждая страна имеет свои законы относительно этого вопроса.

Насколько использование ГМО перспективное и безопасное – это уже другой вопрос, на который сегодня пытаются дать ответ научные работники, эксперты международных и общественных организаций.

Правительства многих стран занимаются разработкой правовых инструментов и регуляторных систем для предупреждения возможных рисков связанных с ГМО.

Их эффективность определяется возможностью страны оперативно представлять эти риски, управлять ими и оперативно извещать о потенциальной опасности. Чтобы постигнуть всю полноту значения современной биотехнологии для будущего человечества, безусловно, нужно время. Очевидным есть то, что в будущем ее роль будет расти, а область применения достижений «генной революции» будет лавинообразно расширяться, и этот процесс, как и ход научной мысли, остановить уже невозможно. К сожалению сегодня, способность человечества превратить полученные знания о генах в понимание генов мизерная. Поэтому кроме перспектив и преимуществ, которые открывает для человечества генная революция, необходимо четко осознавать возможные ее риски и угрозы для человека и экосистемы Земли.

В законе Украины «О государственной системе биобезопасности при создании, испытании, транспортировке и использовании генетически модифицированных организмов» определено следующее: ГМО – это любой организм, в котором генетический материал был изменен с помощью искусственных приемов переноса генов, которые не происходят в естественных условиях.

Согласно прогнозу Отдела ООН по вопросам народонаселения до 2050 года население Земли увеличится на 2,3 млрд. человек – с 6,8 млрд. сегодня до 9,1 млрд. человек. Для того чтобы прокормить население планеты, необходимо увеличить производство продовольствия в мире на 70 %.

Американские ученые Б. Глик и Дж. Пастернак выделяют три основных аргумента в пользу распространения ГМ растений:

1. Введение гена способствует повышению сельскохозяйственной ценности и декоративных качеств культурных растений;
2. ГМ растения могут служить живыми биореакторами при малорасходном производстве важных белков;
3. Генетическая трансформация растений позволяет изучать действие генов в ходе развития растения и других биологических процессов.

Выращивание ГМ растений позволит значительно уменьшить использование пестицидов для обработки растений, что уменьшает их вредное влияние на окружающую среду и здоровье фермеров. С 1996 года в мире использование пестицидов на площадях, где выращиваются ГМ культуры, уменьшилось на 0,286 млн. т, что по подсчетам ученых снизило их негативное влияние на окружающую среду на 15 %; уменьшение количества необходимой для обработки земли техники. В мировом масштабе в 2009 году такое сокращение было эквивалентное исключению 6,56 млн. автомобилей из дорог за год;

Пищевые риски ГМО.

1. Токсичное и аллергенное действие трансгенных белков ГМО. При попадании трансгенных белков в организм человека возможно возникновение разнообразных аллергических реакций, метаболических расстройств и тому подобное. В целом около 25 % всех белков, которые активно используются для получения ГМ растений, имеют аллергические свойства.

2. Накопление гербицидов в стойких к ним сортах ГМ растений. Стойкие к действию гербицидов ГМ растения не повреждаются высокими дозами химических ядов, тогда как остальные растения погибают. Но необходимо отметить, что эти ГМ растения стойкие к действию гербицидов, но не к накоплению гербицидов и их метаболитов. Практически все гербициды являются токсичными для человека. После проникновения в растения гербициды, например, глифосат, практически не раскладывается, а только растворяется в тканях растений, и определенное время хранится в них.

3. Негативное воздействие на здоровье человека генов стойкости к антибиотикам, Отдаленный канцерогенный и мутагенный эффекты. И другие экологические и агротехнические риски.

Основанием для беспокойства ученых и общественности является большое число сортов риса, кукурузы и сои, что несут биологически активные вещества и выращиваются на открытых почвах. Уже сегодня в США среди пищевых сортов риса проводятся открытые полевые испытания этой культуры, которые содержат человеческие белки лактоферин и лизоцим, которые используются в фармакологии при энзимотерапии. Американская компания «Эпицит» сообщила о создании сорта кукурузы, которая производит человеческие антитела к белкам спермы, с целью получения противозачаточных препаратов. Неконтролируемое переопыление такого ГМ сорту с пищевыми сортами может привести к серьезным демографическим последствиям на территориях, где они выращиваются.

Сравнительный анализ частоты заболеваний, связанных с качеством продуктов питания, который был проведен в США и Скандинавских странах, показал, что населения этих стран имеет достаточно высокий уровень жизни, приблизительно одинаковая потребительская корзина и уровень медицинских услуг. Но оказалось, что за несколько последних лет частота пищевых заболеваний в США в 3-5 раз была выше, чем в странах Скандинавии. Единственным существенным отличием в питании есть активное потребление ГМ продуктов населением США и их практическое отсутствие в рационе населения скандинавских стран.

Наибольшая часть среди всех ГМ растений, разрешенных для коммерческого использования, принадлежат сое, кукурузе, рапсу и хлопку

В целом, ЕС демонстрирует политику **«лучше быть в безопасности, чем сожалеть»**, что базируется на принципе предотвращения рисков. Он отражен в Регламенте ЕС/178/2002 от 28 января 2002 года, и регулирует общие принципы и требования законодательства о продовольствии.

Европейская база данных GMO Compass приводит список из 130 сортов (линий) модифицированных растений:

Кукуруза – 66

Рапс – 10

Рис – 1

Соя – 15

В американской базе данных CERA GM Crop Database, Washington D.C. приводится список уже из 144 линий, причем указываются пшеница (Wheat), томаты (Tomato) и табак (Tobacco), а также подсолнечник (Sunflower), отсутствующие в европейской базе данных GMO Compass. В Европе данные линии ГМО не зарегистрированы, следовательно, в Европу они попасть – не должны.

В приложениях № 2 и 3 российских Методических указаний МУ 2.3.2.1917-04 «Пищевые продукты и пищевые добавки. Порядок и организация контроля за пищевой продукцией, полученной из/или с использованием сырья растительного происхождения, имеющего генетически модифицированные аналоги.» от 26.07.2004 приводится список из 12 зарегистрированных и 81 не зарегистрированного в Российской Федерации ГМИ:

В Украине заявления на регистрацию пяти сельскохозяйственных культур были поданы в 1997-1998 Вt картофель Monsanto (3 сорта), Вt кукуруза Сингента и Monsanto, рапс Байер и Roundup Ready кукуруза Monsanto. Упомянуты выше сорта сельскохозяйственных растений прошли испытания, но ни один из них не получил окончательного одобрения и незарегистрированный в Украине.

В Украине еще не зарегистрировано ни одного продукта с ГМО. Верховным Советом Украины 17 декабря 2009 года был принят Закон Украины № 1778 - VI «О внесении изменений в Закон Украины «О безопасности и качестве пищевых продуктов, относительно информирования граждан о наличии в пищевых продуктах генетически модифицированных (ГМО)» который вступил в силу со дня его опубликования, то есть 30 декабря 2009 года и Закон Украины № 1779 – VI «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно дачи информации о содержимом в продукции генетически модифицированных компонентов», который вступил в силу 7 марта 2010 года. Кабинетом Министров Украины было принято постановление № 985 от 1 августа 2007 года, в соответствии с которым продукты питания, что содержат свыше 0,9 % ГМО, должны обязательно маркироваться.

Это совпадает со стандартами ЕС относительно предельного содержания ГМО, при превышении которого пищевые продукты подлежат обязательной маркировке.

Целью анализа образцов зерна и продуктов его переработки, на определение генетически модифицированных организмов (ГМО) является идентификация и определение количества генетических элементов или белков, общих для ГМО и их производных продуктов.

По вопросу осуществления непосредственно отбора образцов культур для определения наличия или отсутствия ГМО. Отбор образцов в Украине должен осуществляться по ДСТУ 15568:2008, который выполняет принципы, описанные в ИСО 13690. В этом документе указано, что пробы должны максимально представлять исследуемый продукт в партии, из которой отбирается. Поскольку партии редко бывают однородными, необходимо отобрать достаточное количество точечных проб, тщательно перемешать и сформировать среднюю пробу. В ДСТУ есть определение партии – это физическое количество зерна, предлагаемая к отправлению, отправленного или полученного одновременно на основании одного пакета документов. Партия может состоять из одной или нескольких частей партии. Партия состоит из **лотов** – частей партии, которые необходимо оценивать. Отбор проб необходимо делать из каждого загруженного вагона, автомобиля, баржи, судна. Точечные пробы должны отбираться со всей глубины согласно схемы, указанной в ДСТУ в количестве, необходимом для формирования объединенной пробы. Объем средней пробы минимально составляет 1 кг для целого и 3 для продуктов помола.

В Украине имеют место следующие методы анализа ГМО:

I – метод, который основывается на полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Экструдировать нуклеиновую кислоту из испытательного образца, потом методом амплификации на полимеразной цепной реакции (ПЦР) определяют целевую последовательность ДНК, чтобы позже определить наличие ГМО (качественное или количественное).

II – метод твердофазного иммуноферментного анализа специфических белков (ELISA).

При применении такого анализа антитело связывается с исследуемым веществом; известное количество легко определяемого фермента, который связывается с комплексом антитела, позволяет провести точные измерения. Для такого метода необходимы тест-системы.

III – Экспресс-метод анализа образцов зерна с помощью тест-полосок («стрипы»). Для каждого вида зерна (соя, кукуруза, рапс и другие) предназначается отдельный тест (полоски) на выявление специфических белков, таких как CP-4EPSPS, Cry 1AB; Cry 1F; Cry 3Bb; Cry 34AB1; PAT/pat; Чувствительность полосок (стрипов) составляет 0,1 %; Каждый стрип имеет абсорбирующую подушечку на концах.

Поэтапное выполнение действий:

отбор образца (100 или 1000 зерен);

измельчение образца;

екстракція образця водою або буферним розчином;
аналізування водного екстракту тест-полосками.

Для виконання I та II методів дослідження ГМО необхідні спеціальне обладнання та лабораторія, для методу III – спеціальні набори тестів та елементарний набір лабораторного обладнання (хімічна посуда, дистильована вода).

При відборі проб для визначення вмісту в зерні токсичних елементів, пестицидів, мікотоксинів та радіонуклідів проби відбирають згідно ГОСТ 13586.3-83 «Правила прийому та методи відбору проб». Визначення цих показників здійснюють на спеціальному обладнанні – це хроматографи та спектрофотометри.

Державна інспекція сільськогосподарського господарства України має великий лабораторний та професійний потенціал для контролю зернового ринку. Всього нараховується 39 зернових лабораторій, в тому числі 13 портових зернових, має свій методичний Центр. Всі зернові лабораторії забезпечені сучасним обладнанням, персонал пройшов відповідну освіту та отримав документи міжнародного образця. 20 лабораторій з 14 областей України акредитовані міжнародним органом за компетентності виконання вимірювань та відбору проб згідно ІСО 17025. 14 лабораторій мають міжнародне членство в ГАФТА протягом 4 років. Всі лабораторії акредитовані згідно вимогам Закону про зерно.

УДК 633.15:631.36

ПРОЕКТ «ЗЕРНО УКРАЇНИ» — СКЛАДОВІ ЗБІЛЬШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА (ВИРОЩУВАННЯ, ОБРОБКА, ЗБЕРІГАННЯ)

Кирпа М.Я., д-р с.-г. наук

Інститут сільськогосподарського господарства степової зони НААН України, м. Дніпропетровськ

Проаналізовано стан виробництва зерна в Україні та шляхи його збільшення відповідно до завдань національного проекту. Зроблено прогноз щодо розвитку галузі післязбиральної обробки та зберігання основних зернових і зернобобових культур в умовах збільшення об'ємів вирощування зерна.

The state of grain production in Ukraine and ways of its increase in accordance with the tasks of the national project were analyzed. The forecast regarding development of the industry of post-harvest handling and storage of basic grain and leguminous cultures under conditions increasing the volume of growing grain was made.

Ключові слова: зерно України, вирощування, обробка та збереження врожаю, якість та енергозощадження.

У зв'язку зі значним зростанням у світі попиту на продукцію сільськогосподарського господарства, головним чином зерно, в Україні поставлено завдання щодо суттєвого збільшення його виробництва. Завдання виконується на науково-обґрунтованому рівні, для цього ж розробляється проект «Зерно України», який містить основні організаційно-економічні, нормативно-правові та техніко-технологічні заходи на період до 2015 року.

Метою проекту є:

- зростання внутрішнього валового продукту держави шляхом збільшення виробництва зерна до 80 млн. тонн;

- підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарського господарства шляхом забезпечення якісного, ефективного виробництва, збирання, доробки, зберігання зернових та технічних культур з використанням новітніх інноваційних, ресурсозберігаючих технологій, техніки та обладнання.

До техніко-технологічних заходів проекту належить науково-обґрунтована організація розміщення основних зернових, зернобобових та технічних культур, диференційовані технології їх вирощування з врахуванням сортових особливостей та погодно-кліматичних умов регіону розташування, створення нових сортів та гібридів з високим рівнем продуктивності та адаптивним потенціалом, оптимізація робіт збирання, доробки та зберігання врожаю на основі забезпечення його якості та енергоресурсозощадження.

Серед техніко-технологічних заходів особливо важливе значення має вирощування культур, які здатні забезпечити високі валові збори зерна.

Аналіз стану виробництва показує, що валові збори зерна невпинно зростають за виключенням окремих, вкрай несприятливих років (табл. 1). За останнє 10-річчя до таких років слід віднести 2003 рік з

майже повним вимерзанням озимих культур, а також 2007 рік з вкрай жорсткою засухою упродовж всієї вегетації рослин.

Таблиця 1 – Виробництво основних зернових, зернобобових і олійних культур за період 2001-2010 рр.

Складові виробництва	Роки					Середнє
	2001	2002	2003	2004	2005	
Площа, млн. га	15,2	16,0	14,5	16,7	17,3	15,94
Валовий збір, млн. т	37,6	38,8	22,2	41,3	40,8	36,14
	2006	2007	2008	2009	2010	Середнє
Площа, млн. га	17,8	18,5	20,1	20,1	21,0	19,50
Валовий збір, млн. т	38,8	33,5	60,0	53,9	48,6	46,96

Однак збільшення валових зборів у першу чергу було пов'язане із розширенням посівних площ, оскільки середня врожайність зернових, зернобобових і олійних культур змінювалась незначно за виключенням як вкрай несприятливих, так і сприятливих років, частка яких за період 2001-2010 рр. складала 30%.

Проте, у розрізі культур їх валові збори і динаміка врожайності складаються дещо по-іншому. Так, в останні роки намітилась чітка тенденція до зростання валових зборів зерна кукурудзи за рахунок врожайності, яка складала у 2008 році на рівні 4,0 т/га, 2009 році – 5,2 т/га, 2010 році – 4,5 т/га. У зв'язку з цим змінилась структура валових зборів зерна, вона на 90-92% складається з пшениці, кукурудзи, ячменю, сояшника. Наприклад, у 2010 році було отримано у бункерній вазі: зерна пшениці – 17,2; кукурудзи – 11,9; ячменю – 8,7; сояшника – 7,5 млн. тонн при загальному об'ємі врожаю близько 45 млн. тонн.

Останнім часом намітився також попит на зерно сорго, у зв'язку з чим у проекті передбачається підвищення виробництва цієї культури за рахунок її посівних площ і врожайності.

Для того, щоб досягти об'ємів виробництва зерна при збереженні його конкурентоспроможності намічена концепція реформ, які слід провести безпосередньо у виробництві по таких основних напрямках:

- вирощування зернових і олійних культур за технологією No-till, при максимально можливому скороченні оранки і переходу на пряму сівбу, але при врахуванні регіону вирощування і сівозміни культур;
- будівництва елеваторів, наближення їх діяльності до виробників;
- організація закупівлі і інтервенція зерна через структури Агроінвеста з використанням внутрішньо-зовнішніх інвестицій.

Для виконання відмічених напрямків вибрані такі орієнтири проекту:

- ресурсна та регуляторна підтримка держави у період становлення виробництва;
- економічні преференції інвесторам на період створення і становлення виробництва;
- технологічне переоснащення відповідно до вимог світових стандартів якості продукції;
- кадрова підготовка для роботи в умовах новітніх ресурсозберігаючих технологій;
- збільшення експортного потенціалу;
- стимулювання внутрішньо-зовнішніх інвестицій на засадах державно-приватного партнерства.

У проекті важливе значення надається науково-обґрунтованій організації робіт зі збирання, обробки та зберігання врожаю зерна. Особлива увага приділяється ефективній первинній обробці, оскільки вона найбільшим чином пов'язана із дотриманням режимів і терміну виконання робіт, спеціальним обладнанням для них, якістю продукції та рівнем енергоресурсоспоживання.

Визначено, що технологія первинної обробки має враховувати категорію збиральної вологості і стан стійкості зерна, виходячи з чого застосовуються способи обробки та методи збереження якості врожаю (табл. 2). Для зерна сухого придатні всі способи зберігання і методи збереження якості, проте, в умовах його герметизації (консервації) вологість повинна бути на 2-4% нижче від норми. Для зерна з підвищеною вологістю основним методом збереження є сушіння, а енергозберігаючим – вентилявання. Для сирого зерна основним методом являється також сушіння, а енергозберігаючим – консервування у герметичних умовах, але з використанням лише на кормові цілі чи на технічну переробку.

При проведенні первинної обробки важливе значення має також визначення об'ємів зерна, які підлягають певним способам зберігання і методам збереження. Враховуючи збиральну вологість, чистоту і призначення врожаю окремих культур, їх об'єм обробки може складати від 25 до 100% (табл. 3).

Перспектива збільшення виробництва зерна вимагає оптимізації системи його зберігання. Оптимізація включає, по-перше, забезпеченість зерносховищами відповідно до об'ємів вирощеного врожаю, по-друге, впровадження інноваційних технологій зберігання, по-третє, налагодження сертифікованого нагляду за станом матеріально-технічної бази і якістю продукції. Розрахунки показують, що при одночасному зберіганні врожаю зерна в межах 50..60 млн. тонн забезпеченість сховищами становить 73 %, а в

режимі перезавантаження (коефіцієнт 1,5) – 82 %. В разі збільшення об'ємів до 70...80 млн. тонн забезпеченість наявними сховищами буде становити 53 і 60 % відповідно.

Таблиця 2 – Основні методи збереження якості зерна у процесі його первинної обробки

Характеристика зерна		Метод збереження якості
категорія вологості	стан стійкості	
Сухе (вологість не перевищує норму стандарту)	Стійке, здатне до зберігання	Аерація, вентилявання, охолодження, знезараження, консервування
Вологе (перевищення норми на 2-3%)	Нестійке, здатне до тимчасового зберігання	Сушіння, вентилявання, охолодження, консервування (хімічне)
Сухе (перевищення норми більш як 3%)	Нестійке, потребує обробки	Сушіння, консервування (природне, хімічне)

Таблиця 3 – Об'єм первинної обробки врожаю зерна основних зернових і олійних культур

Технологічна операція у процесі обробки	Призначення зерна	Об'єм обробки, % від врожаю
Сепарування: - очищення - сортування	Продовольчо-кормове, технічне, насіння Продовольче насіння	90-100 20-30
Сушіння	Продовольчо-кормове, технічне, насіння	25-30
Вентилювання (охолодження)	Продовольчо-кормове, технічне	20-25
Консервування (кукурудза)	Кормове, технічне	15-25

Основою оптимізації системи зберігання має бути будівництво нових зерноскладів із включенням їх у систему сертифікованих зерноскладів. Проте при будівництві слід враховувати експлуатаційні характеристики зерноскладів різного типу. Як показує аналіз, сховища можна поділити на 3 типи: склад наземний, силос-башта бетонний, силос-башта металевий, які мають як переваги так і недоліки залежно від об'єкта і режиму його зберігання (табл. 4).

Таблиця 4 – Характеристика різних типів зерноскладів

Тип	Переваги	Недоліки	Призначення, переважно
Склад наземний	Стабільний режим зберігання. Мінімальне подрібнення зерна. Можливість роздільного зберігання.	Незадовільний рівень механізації і місткості. Низький коефіцієнт використання території.	Зберігання кукурудзи і олійних культур, насіння.
Силос-башта бетонний	Стабільний режим зберігання. Можливість частого перезавантаження. Надійність конструкції.	Складна інфраструктура обслуговування і контролю якості. Подрібнення зерна при завантаженні.	Зберігання короткочасне, тривале.
Силос-башта металевий	Високий рівень будівництва і експлуатації. Системний контроль за зберіганням. Широкий типорозмірний ряд.	Залежність від метеоумов. Подрібнення зерна при завантаженні. Регулярний догляд за металевими конструкціями.	Зберігання короткочасне, концентрація партій зерна.

Склад наземний, незважаючи на спрощеність конструкції, має ряд технологічних переваг, а саме забезпечує стабільний режим зберігання, у тому числі партій різних за якістю і величиною, а також дає можливість завантажувати зерно у м'якому режимі, без подрібнення. Тому його краще використовувати для зберігання кукурудзи і олійних культур, а також насіння.

Силос-башта бетонний також захищає зерно від коливань температури і вологості повітря. Крім того, його можна часто перезавантажувати, не погіршуючи при цьому експлуатаційних показників. Тому він однаково ефективний як для короткочасного так і тривалого зберігання зерна.

Силос-башта металевий характеризується рядом техніко-експлуатаційних переваг: наявністю збірних елементів для швидкого монтажу, різноманітним типорозміром, високим рівнем оснащення системами механізації, вентиляції й контролю за станом зберігання зерна. Проте металеві стінки силосу не

захищають зерно від температурно-вологих коливань зовнішнього середовища, особливо в зовнішніх шарах насипу, який від цього може зволожуватись і зігріватись [1]. Тому таке сховище краще використовувати у вигляді оперативної місткості, або ж для концентрації (накопичення) і тимчасового зберігання зерна.

У збільшенні виробництва зерна особлива увага надається підготовці й використанні високоякісного насінневого матеріалу, від якого врожайність зернових культур може підвищуватись на 20-30 % [2]. В Інституті розроблено концепцію насіннеобробного заводу для отримання насіння кукурудзи, пшениці, ранніх ярих, соняшника і ріпаку. У рамках виконання проекту планується збудувати до 10 таких сучасних заводів, що підвищить рівень вітчизняної селекції і насінництва основних зернових, зернобобових й олійних культур, забезпечить стабільне виробництво товарного зерна.

Висновки

1. Збільшення виробництва зерна в Україні ґрунтується на реальній об'єктивній основі, пов'язане зі станом світового ринку зерна, попитом на сільськогосподарську продукцію, сталою рентабельністю.

2. З метою збільшення зерновиробництва намічені організаційно-економічні й техніко-технологічні реформи в галузях вирощування й збереження врожаю зерна, його закупівлі і інтервенції.

3. Визначена технологія первинної обробки зерна на основі врахування його категорії збиральної вологості і стану стійкості, а також оптимальних методів збереження якості та енергоресурсозаощадження.

4. Охарактеризовано техніко-експлуатаційні особливості зберігання зерна в сховищах різного типу, їх рекомендовано враховувати при будівництві нових зерносховищ та розміщенні врожаю різних культур.

5. У підвищенні валових зборів зерна одним із найбільш ефективних і відносно дешевих заходів є використання високоякісного насінневого матеріалу та впровадження нових високопродуктивних сортів і гібридів. Розроблено концепцію насіннеобробного заводу для підготовки високоякісного насіння основних зернових, зернобобових і олійних культур.

Література

1. Кирпа М.Я. Зберігання зерна в металевих сховищах / М.Я. Кирпа // Вісн. Дніпропетровського держ. агр. ун-ту. – Дніпропетровськ, 2008. – № 1. – С. 23-26.
2. Кирпа М.Я. Ознаки та показники якості насіння гібридів кукурудзи / М.Я. Кирпа, Н.О. Пащенко // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва НААНУ. – Дніпропетровськ, 2011. – № 40. – С. 14-40.

РОЗДІЛ 2

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ
НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ
І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ

Иоргачева Е.Г., д-р техн. наук, профессор, Макарова О.В., канд. техн. наук, доцент,
Котузаки Е.Н., ассистент, Быстрика И.В., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье приведены результаты исследований технологических свойств безглютеновых видов муки, обосновано рациональное соотношение муки и крахмала картофельного, как рецептурной составляющей мучных изделий, и доказана целесообразность его использования при производстве бисквитных полуфабрикатов специального назначения.

In article results of researches of technological properties of gluten-free types of flour, justified rational ratio of flour and starch of potato, as prescription component of flour products, and prove the expediency of its use in the production of sponges semi-finished products of special purpose.

Ключевые слова: нетрадиционные виды муки, бисквитные полуфабрикаты, углеводно-амилазный комплекс, водосвязывающая способность.

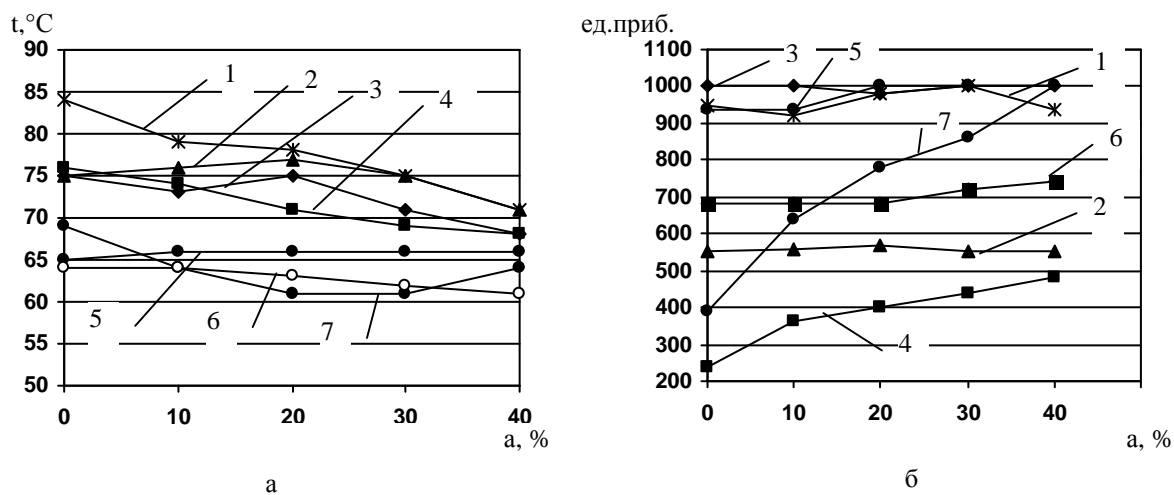
Одним из перспективных направлений при производстве мучных кондитерских изделий функциональной направленности является использование нетрадиционных видов муки, которые, как известно, обладают уникальными диетическими свойствами. Включение в ежедневный рацион питания продуктов функциональной направленности и специального назначения позволяет устранить негативные факторы, связанные со многими заболеваниями, в том числе и такими как целиакия. Это болезнь генетической природы, при которой имеется дефицит ферментов, расщепляющих один из компонентов белка клейковины злаков до аминокислот, из-за чего в организме накапливаются продукты его неполного гидролиза. Основой лечения целиакии является строгое соблюдение аглютеновой диеты, которая предусматривает полное исключение из рациона питания традиционных мучных продуктов. Поэтому особенно актуальным является разработка новых видов мучных изделий, в том числе бисквитных полуфабрикатов, на основе безглютеновых видов муки (гречневой, рисовой, просяной) и крахмального сырья, что позволит придать им функциональную направленность и создать продукцию специального назначения с повышенной пищевой ценностью.

Однако безглютеновые виды муки не содержат белков, образующих клейковину. Это представляет основную трудность при создании безглютеновых видов мучных изделий, так как из рецептуры исключается пшеничная мука – основной компонент, необходимый для производства традиционных изделий данной группы. При образовании теста из пшеничной муки белки клейковины, в отличие от белков всех остальных зерновых культур, при набухании образуют тончайшие нити и пленки, связывающие и склеивающие между собой зерна увлажненного крахмала, образуя при этом каркас с пространственной структурой [1]. Особенности фракционного состава белков, строения и температуры клейстеризации крахмала, который является структурообразующим агентом, обуславливают проявление различных технологических свойств данных видов муки. Поэтому для подтверждения возможности и целесообразности использования безглютеновых видов муки при производстве бисквитных полуфабрикатов, разработки рецептур на новые виды бисквитов функционального и специального назначения необходимо было провести исследования для их определения. Кроме того, большинством рецептур на бисквиты предусмотрено внесение крахмала для снижения количества клейковины в тесте, чтобы предотвратить его затягивание. Поэтому стал вопрос о целесообразности использования крахмальной составляющей при производстве бисквитных полуфабрикатов на основе безглютеновых видов муки, которые не содержат клейковинных белков.

Целью данной работы является определение технологических свойств безглютеновых видов муки, обоснование рационального соотношения данных видов муки и крахмала картофельного в рецептурах бисквитных полуфабрикатов. Для проведения исследований использовали пшеничную муку (ПМ), гречневую муку (ГМ), муку из гречневой крупы термически необработанной (ГТНО), просяную муку (ПрМ), муку из крошки просяных хлопьев (ПрХМ), рисовую муку (РМ) и муку из крошки рисовых хлопьев (РХМ). За основу была принята стандартная рецептура на «Бисквит основной», где взамен пшеничной вносили безглютеновые виды муки, а для определения рационального соотношения их и картофельного крахмала массовая доля его составляла (0, 10, 20, 30 и 40) % от массы муки.

По биологической ценности белки гречихи приближаются к белку сухого молока (92,3) % и куриного яйца (81,4 – 99,3) %. Жиры гречихи (2,5 – 4) % имеют высокое содержание незаменимых для человека линолевой и линоленовой кислот, а также витамина Е, который имеет антиоксидантные свойства. Наличие в гречневом белке легкорастворимых фракций (альбуминовой и глобулиновой) определяет его высокую усвояемость. Всего белок гречихи насчитывает 18 аминокислот, среди которых цистин и цистеин способствуют очистке организма от шлаков и радиоактивных веществ, а гистидин обеспечивает нормализацию процесса роста у детей. Гречиха – богатый источник железа, калия, кальция, фосфора, фтора, йода, цинка, кобальта, молибдена. Рис – основной продукт питания многих народов мира. Рисовая крупа содержит мало клетчатки, хорошо усваивается человеческим организмом и является диетическим продуктом. Рисовая мука является источником растительного белка, полноценного по аминокислотному составу, содержит натрий, калий, магний, фосфор, витамины В₁, В₂ и РР. Для проса характерны высокие вкусовые качества и пищевая ценность. Это одна из наиболее полезных круп, которая содержит больше белка, чем в рисе и ячмене; больше фосфора чем в мясе, больше фолиевой кислоты, чем в пшенице и кукурузе, больше витаминов группы В, чем в других злаковых культурах. Вещества, которые входят в состав проса, связывают ионы тяжелых металлов и выводят из организма токсины, поэтому просяные хлопья особенно рекомендуется жителям городов и мест с неблагоприятной экологией. Отличительной особенностью данных видов муки является то, что они относятся к крахмалсодержащему сырью, у которого отсутствует клейковина.

Свойства крахмала разных зернозерновых культур существенно различаются. Это объясняется как формой и размером крахмальных зерен, так и их структурными особенностями. Так размер крахмальных зерен (в микрометрах) составляет: пшеницы – 25-35, риса – 3-8, проса – 12, гречихи – 3-12 [2,3]. В крахмальном зерне в значительных пределах колеблется содержание амилозы и амилопектина, благодаря гидрофильным свойствам которых крахмальные зерна очень гигроскопичны. Это отражается на сорбционных свойствах крахмала, его набухаемости, температуре клейстеризации, вязкости крахмального клейстера, что таким образом предопределяет его влияние на свойства готового изделия. Температуру клейстеризации крахмала безглютеновых видов муки (рис. 1а) и максимальную вязкость водно-мучных суспензий (рис. 1б) в зависимости от массовой доли картофельного крахмала в мучной смеси определяли с помощью амилографа Брабендера.



1-РМ, 2-ПрМ, 3-ГТНО, 4-ГМ, 5-РХМ, 6-ПМ, 7-ПрХМ

Рис.1 – Влияние массовой доли картофельного крахмала на температуру клейстеризации крахмала (а) и максимальную вязкость водно-мучных суспензий безглютеновых видов муки (б)

Процесс клейстеризации крахмальных зерен идет поэтапно:

— при 55-70 °С зерна увеличиваются в объеме в несколько раз, теряют оптическую анизотропность, но еще сохраняют слоистое строение; в центре крахмального зерна образуется полость; взвесь зерен в воде превращается в клейстер – малоцентрированный золь амилозы, в котором распределены набухшие зерна;

— при нагревании выше 70 °С в присутствии значительного количества воды крахмальные зерна увеличиваются в объеме в десятки раз, слоистая структура исчезает, значительно повышается вязкость системы. На этой стадии увеличивается количество растворимой амилозы; раствор ее частично остается в зерне, а частично диффундирует в окружающую среду.

При длительном нагревании с избытком воды крахмальные пузырьки лопаются, и вязкость клейстера снижается [4].

Анализ цифровой расшифровки амилограмм показывает, что РМ имеет наибольшую температуру клейстеризации (рис. 1а) – 84 °С по сравнению с другими видами муки. Кроме того, в рисовом крахмале содержится большое количество амилопектина, что обуславливает повышенную набухаемость, гигроскопичность и высокую вязкость его водно-мучной суспензии (рис 1б). Температура клейстеризации крахмала ПрМ, ГТНО и ГМ изменяется незначительно и составляет 75 °С для ПрМ и ГТНО и 76 °С для ГМ. Повышение температуры клейстеризации крахмала безглютеновых видов муки, по сравнению с пшеничным, вероятно, свидетельствует о необходимости корректирования температуры и продолжительности выпечки бисквитных полуфабрикатов на этих видах муки.

Максимальная вязкость клейстера муки из ГМ ниже, чем у ГТНО (рис 1б), что, очевидно, связано с частичным гидролизом крахмала после влаготермической обработки гречневой крупы при получении ГМ и снижением молекулярной массы крахмальных молекул при одновременной инактивации амилолитических ферментов в результате воздействия высоких температур [5]. Повышенная вязкость клейстера ПрХМ по сравнению с ПрМ, вероятно, объясняется тем, что при получении хлопьев происходит более полная клейстеризация крахмальных гранул вследствие большего количества воды, участвующей во влаготермической обработке, и более длительного, по сравнению с принятым при производстве крупы, теплового воздействия на зерно, что приводит к образованию более вязкого клейстера. Повышение вязкости клейстера муки с увеличением массовой доли крахмала картофельного у образцов ПрХМ, ПрМ, ПМ и ГМ, возможно, объясняется более высокой, по сравнению с этими образцами муки вязкостью крахмала картофельного – 800 ед. приб [6].

Интенсивность набухания гидроколлоидов, формирование бисквитного теста, процессы, происходящие при выпечке и, как следствие, качество бисквитных полуфабрикатов и изменение его свойств при хранении во многом определяется водосвязывающей способностью (ВСС) используемой муки. Сравнение способности пшеничной муки и безглютеновых видов муки поглощать и удерживать влагу проводили по их ВСС [5].

ВСС,

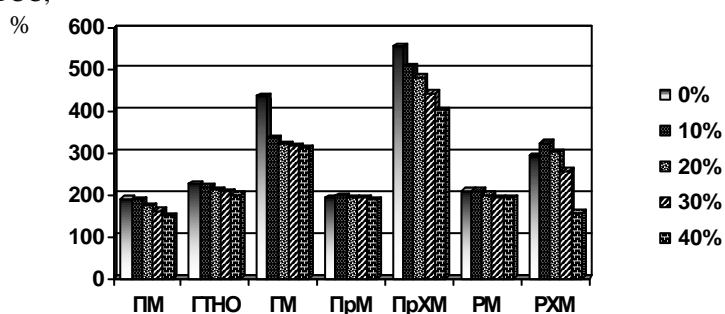


Рис. 2 – Влияние массовой доли крахмала картофельного на водосвязывающую способность пшеничной и безглютеновых видов муки

но-химических свойств крахмала и белков, что приводит к денатурации белков, частичной клейстеризации крахмала, а также образованию декстринов и других низкомолекулярных продуктов гидролиза крахмала, что, возможно, и обуславливает повышенную ВСС у ПрХМ и РХМ, по сравнению с одноименными видами муки. Высокая ВСС ГМ – 437 % (превышает этот показатель у ПМ на 246 %), возможно, обусловлена наличием большего количества пентазанов в ГМ, водорастворимая часть которых способна легко набухать, поглощая при этом в 10...15 раз больше воды, чем составляет их масса [8]. Не очень высокий показатель водосвязывающей способности ГТНО, по сравнению с ГМ, вероятно объясняется тем, что нативный крахмал связывает меньшее количество воды, чем поврежденный в результате предварительной обработки при получении муки из гречихи, предусматривающей влаготермическую обработку. Для всех образцов сохранялась тенденция уменьшения ВСС с увеличением массовой доли крахмала картофельного, что возможно вызвано снижением доли белка в смесях, который, являясь высокомолекулярным гидрофильным соединением, связывает и удерживает значительное количество воды – в 2-2,5 раза больше своей массы [9]. Сыграла роль и температура воды, при которой готовились суспензии образцов муки при проведении определений, так как в воде до (40–45) °С, крахмал набухает ограничено, а зерна сохраняют первоначальную структуру.

Полученные данные (рис.2) свидетельствуют, что на ВСС влияет вид муки, условия предварительной обработки культуры, из которой она получена, массовая доля крахмала картофельного [7]. Наибольшая ВСС у ПрХМ – 556 % и повышенная 292 % у РХМ, по сравнению с ПрМ – 193 % и РМ – 209 %, вероятно объясняется физическим состоянием крахмальных зерен, вызванным технологическими особенностями получения хлопьев. Параметры влаготермической обработки и механическое воздействие (плющение) при получении хлопьев обуславливает более глубокие изменения коллоидно-

Проведенные пробные выпечки бисквитных полуфабрикатов на основе безглютеновых видов муки показали, что упёк с увеличением количества крахмала картофельного уменьшался. Это вероятно связано с его высокой влагоудерживающей способностью и говорит о возможности повышения выхода изделий при использовании этих видов муки в результате снижения упека. Значения пористости и удельного объёма при снижении в рецептурном составе крахмала картофельного уменьшались. Это возможно объясняется тем, что при отсутствии в тесте клейковинных белков крахмал может исполнять роль структурообразователя. Выпеченные полуфабрикаты на основе РМ характеризовались пониженной пористостью и удельным объёмом бисквитных полуфабрикатов по сравнению с пшеничной и другими безглютеновыми видами муки. Вероятно, это можно объяснить высокой температурой клейстеризации рисового крахмала – 84 °С, по сравнению с другими видами муки, что обуславливает недостаточное его набухание и растворение, и, как следствие, невысокую загущающую способность. Кроме этого, в рисовом крахмале содержится меньше амилозы, гелеобразование которой протекает намного быстрее, чем амилопектина, что отражается на пористости и на удельном объёме бисквитных полуфабрикатов.

Полученные результаты исследований технологических свойств безглютеновых видов муки и влияния крахмальной составляющей, как компонента мучных смесей при производстве бисквитных полуфабрикатов, позволяют:

- скорректировать технологические параметры производства безглютеновых бисквитных полуфабрикатов;
- расширить ассортимент изделий специального назначения;
- разнообразить рацион питания людей больных целиакией.

Литература

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. – СПб.: Профессия, 2005. – 415 с.
2. Казаков Е.Д. Основные сведения о зерне. – М.: Зерновой союз, 1997. – 144 с.
3. Пучкова Л.И., Поляндова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба. – СПб.: Гиорд, 2005. – 557 с.
4. Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 1976. – 335 с.
5. Хлебопекарные свойства мучных композитных смесей/ Е.Г.Иоргачева., Г.Ф.Пшенишнюк, О.В.Макарова // Зернові продукти і комбікорми. – 2005. – №1. – С. 25-28
6. По материалам сайта www.sergey-osetrov.narod.ru
7. Ройтер И.М., Демчук А.П., Дробот В.И. Новые методы контроля хлебопекарного производства.– Киев.: «Техника», 1977. – 191 с.
8. Родионова Н. А., Капрельянц Л. В., Середницький П. В., Килимник А. Ю. Гемиллюлозы зерна злаков и ферменты, катализирующие их расщепление // Прикладная биохимия и микробиология. – 1992. – Т. 28. – Вып.5. – С. 645-665.
9. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2001. – 389 . – с.

УДК 616.34-008.337-021.3-06-084

БЕЗГЛЮТЕНОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

Гулавский В.Т., канд. техн. наук
Новоукраинский комбинат хлебопродуктов, г. Новоукраинка

Целиакия является тяжелым заболеванием, обусловленным наличием глютена в пище, тяжесть которого в значительной степени определяется не только генетическими факторами, но и недостаточностью поджелудочной железы, а также наличием кишечного дисбиоза. Питание больных целиакией должно строиться на безглютеновой основе с использованием препаратов про- и пребиотиков, а также ферментных препаратов поджелудочной железы.

Celiakiya it is the severe illness, caused by the presence of gluten in the food, whose gravity is to a considerable degree determined not only by genetic factors, but also insufficiency of the pancreas, et by presence of intestinal disbiosis. The nourishment of the patients of celiakiya must be built on the fru-gluten diets with the use of preparations pro- and prebiotics, and also the fermente preparations of the pancreas.

Ключевые слова: целиакия, глютен, безглютеновые функциональные продукты питания.

Наличие глютена (клетчатки) в зерновых продуктах у чувствительных людей вызывает развитие тяжелого заболевания целиакии (глютеновая энтеропатия). Это хроническое, генетически детерминированное заболевание, характеризующееся поражением слизистой оболочки тонкой кишки. При этом происходят атрофические процессы, приводящие к исчезновению ворсинок и резкому снижению всасывательной способности кишечника (синдром мальабсорбции) [1–4].

Распространенность целиакии среди населения Украины ориентировочно определяется в 0,5 %, однако эта цифра явно занижена из-за отсутствия хорошей диагностики этого заболевания [5, 6].

Как известно [7, 8], зерно злаковых культур содержит несколько фракций белков: альбумины, глобулины, проламины, глютенины. Последние две фракции формируют клейковину (глютен) – нерастворимый в воде комплекс, определяющий основные токсикологические свойства хлеба.

Для больных целиакией токсичными являются собственно проламины (спирторастворимые белки, богатые глутамином и пролином).

Патогенез целиакии сложен и включает как генетическую предрасположенность (гены HLA DQA1 и DQB1), так и обязательное снижение секреторной способности поджелудочной железы, в которой вырабатывается основное количество протеолитических ферментов, переваривающих проламины до аминокислот [9]. При снижении переваривающей способности панкреатического сока проламины не расщепляются полностью, и часть их проникает в слизистую тонкой кишки, где происходит их взаимодействие с лимфоцитами, несущих вышеуказанные гены. Активированные лимфоциты выделяют ряд цитокинов, угнетающих дифференцировку энтелиоцитов, что приводит к развитию атрофии слизистой и развитию мальабсорбции.

Течение целиакии осложняется наличием дисбиоза, при котором значительно увеличивается транслокация кишечных бактерий и их токсинов в стенку кишки, а при нарушении барьерной функции печени [10] и в другие органы и ткани организма.

В рационе людей, предрасположенных к целиакии, должны быть исключены продукты, содержащие проламины зерна пшеницы, ржи, тритикале, ячменя (в некоторых случаях, овса).

Основной способ лечения целиакии – пожизненная безглютеновая диета. Исключаются хлебобулочные изделия, выпечка, макароны, печенье и ряд продуктов, содержащих «скрытый» глютен (вареные колбасы и сосиски, некоторые консервы, детские питательные смеси, мороженое, ряд сыров).

К безглютеновым продуктам относят такие, которые содержат менее 200 мг глютена на 1 кг сухого вещества. Безглютеновые продукты создаются на основе зерна риса, кукурузы, сои, гречихи, а также с использованием разных овощей (картофель, капуста, тыква) и фруктов (яблоки, груши, бананы).

Разработаны специальные безглютеновые диеты, сбалансированные по всем основным незаменимым факторам питания. Имеются в продаже безглютеновые каши, консервы для детского питания без использования глютеносодержащих продуктов на основе говядины, свинины или птицы.

Обязательными в питании людей с целиакией являются функциональные продукты, содержащие про- и пребиотики, а также препараты ферментов поджелудочной железы (панкреатин, фестал, мезим, креон и др.).

Безглютеновые продукты выпускаются рядом фирм США, Швеции, Германии и Италии.

Нами разработаны технологии получения круп и хлопьев на основе сои, кукурузы и гречихи, практически полностью лишенные глютена. Созданы также рецептуры безглютеновых завтраков и мюслей.

Выводы

1. Целиакия – тяжелое заболевание, обусловленное наличием глютена в пище.
2. Тяжесть целиакии в значительной степени определяется не только генетическими факторами, но и недостаточностью поджелудочной железы и наличием кишечного дисбиоза.
3. Питание больных целиакией (оно же и лечение) должно строиться на безглютеновой основе с использованием препаратов про- и пребиотиков, а также ферментных препаратов поджелудочной железы.

Литература

1. Парфенов А.И. Целиакия. Эволюция представлений о распространенности, клинических проявлениях и значимости этиотропной терапии. – М.: Анахарсис, 2007. – 376 с.
2. Revall P., Bozzo J. Celiac disease // *Drugs of the Future*. – 2007. – V. 32, № 9. – P. 823–832.
3. Журавлева Л.В., Аахно О.В., Цивенко О.И. Современные представления о проблеме целиакии: диагностика и лечебная тактика (лекция) // *Сімейна медицина*. – 2009. – № 2. – С. 8–11.
4. Рославцева Е.А., Лысиков Ю.А., Боровик Т.Э., Лаврова Т.Е., Аверкина Н.А., Яцык Е.В. Целиакия: нерешенные проблемы патогенеза, диагностики и лечения // *Вопр. соврем. педиатрии*. – 2005. – Т. 4, № 6. – С. 48–56.
5. Губская Е.Ю. Целиакия: клиника, диагностика, лечение // *Внутрішня медицина*. – 2008. № 3 (9). – С. 26–31.

6. Мухина Ю.Г., Шумилов П.В., Дубровская М.И., Чубарова А.И. Современные подходы к терапии синдрома мальабсорбции у детей // Фарматека. – 2006. – № 12. – С. 49–57.
7. Frazer J.S., Ciclitira P.J. Pathogenesis of coeliac disease: implications for treatment // World J. Gastroenterol. – 2001. – 7, № 6. – P. 772–776.
8. Крумс Л.М., Сабельникова Е.А., Парфенов А.М. Функциональное состояние желудка, поджелудочной железы, печени и желчного пузыря при целиакии // Терапевт. архив. – 2011. – № 2. – С. 20–24.
9. Парфенов А.И., Сабельникова Е.А., Нейман К.П., Голованова Е.В. Целиакия и печень. Обзор // Терапевт. архив. – 2006. – Т. 78, № 1. – С. 70–73.
10. Volta U. Liver dysfunction in celiac disease // Minerva med. – 2008. – V. 99, № 6 – P. 619–629.

УДК 664.682:664.653.5:[633.11:633.13]-965.1

МУЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ВИДОВ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

**Макарова О.В., канд. техн. наук, доцент, Иоргачева Е.Г., докт. техн. наук, профессор,
Иванова А.С., аспирант, Черниенко А.В., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

В статье приведены результаты исследования влияния продуктов переработки зернокрупяной промышленности и соотношения компонентов зерновых смесей на ход технологического процесса при приготовлении галетных полуфабрикатов, структурно-механические свойства теста и качественные показатели готовых изделий, показана возможность использования зерновых смесей при приготовлении галет.

The article shows the feasibility of using grain mixtures in production of biscuits. The results on the effect of processing products of grain-milling industry and the ratio of the components of grain mixtures in the technological process for preparing biscuits, semi-structural and mechanical properties of the dough and quality of finished products are shown.

Ключевые слова: компоненты зерновых смесей, зерновые галеты, структурно-механические свойства, органолептические и физико-химические показатели качества.

Одними из основных факторов, которые обуславливают конкурентоспособность современных продуктов питания, являются их качество и безопасность. Учитывая проблемы современного состояния здоровья населения, все актуальнее становится вопрос о необходимости расширения ассортимента продукции здорового питания, которая выполняет определенные профилактические и диетические функции.

Среди множества сырьевых источников особое место занимают продукты переработки зерновых культур. Для установления целесообразности использования некоторых из них в технологии мучных кондитерских изделий учеными проведено ряд исследований. Так показано, что внесение пшеничных отрубей в рецептуру песочного печенья для обогащения их клетчаткой и витаминами позволяет получить полуфабрикат высокого качества за счет водопоглощающей и водоудерживающей способности отрубей [1]. Использование нетрадиционных видов муки, а также продуктов переработки крупяного производства при приготовлении бисквитных полуфабрикатов позволяет обогатить их дефицитными пищевыми нутриентами, придать им функциональную и профилактическую направленность [2]. Разработана технология производства печенья с включением в рецептуру хлопьев из зародышей пшеницы, которые повышают биологическую ценность готовых изделий [3].

Перспективным направлением при разработке мучных изделий функционального назначения также является использование при их производстве целого зерна злаковых, так как при сортовом помоле теряются наиболее полезные питательные вещества, потенциально заложенные природой в данных культурах [4,5]. Однако недостатком использования целого зерна при производстве мучных изделий является получение продуктов со сниженными органолептическими характеристиками, что обуславливает более низкий спрос на них.

Одним из путей решения этой проблемы может стать выпуск новых видов изделий на основе зерновых смесей. Производство мучных изделий на их основе позволяет скорректировать технологические свойства мучного сырья, улучшить органолептические показатели и повысить пищевую ценность готовых изделий. Правильно подобранные и подготовленные компоненты зерновых смесей, являясь источником легкоусвояемых компонентов пищи, позволяют получить изделия с необходимым содержанием нутриентов.

Повышение качества мучных изделий на основе целого зерна возможно также за счет применения технологических приемов и разработки соответствующих рецептур. Так, для улучшения качества галет из диспергированной зерновой массы разработана технология их производства с обработкой полуфабрикатов инфракрасным излучением, в результате которой происходит существенное изменение углеводного, белкового и витаминного комплексов изделий, что способствует повышению их усвояемости за счет деструкции и частичной желатинизации крахмала, а также денатурации белка [6]. Использование влаготермически обработанного зерна пшеницы в технологии зернового хлеба приводит к повышению его качественных показателей и усвояемости [7, 8].

Целью представленной работы являлось повышение качества зерновых галет при использовании для их приготовления смесей. При проведении исследований изучали влияние компонентов зерновых смесей и их соотношения на ход технологического процесса при производстве галет, структурно-механические свойства теста и показатели качества готовых изделий. В качестве мучного сырья использовали побочные продукты переработки крупяного производства (муку из крошки пшеничных (МКПХ) и овсяных (МКОХ) хлопьев) и диспергированную зерновую массу (ДЗМ). Для контроля использовали унифицированную рецептуру галет № 2, в которой обойную муку заменяли отволоженным диспергированным зерном пшеницы с содержанием клейковины 25 % (упругость по ИДК 39 ед.пр., растяжимость 11 см).

Галеты обладают достаточно низкой калорийностью вследствие небольшого количества жировой составляющей в рецептуре. По сравнению с другими мучными кондитерскими изделиями, при производстве данной группы продукции используют биологический способ разрыхления и двухстадийный способ тестоведения – опара, тесто, продолжительность брожения и вылеживания которых зависит от сорта муки [9]. Продолжительность брожения опары и вылеживание теста после замеса составляло один час.

Основными показателями, характеризующими ход технологического процесса при производстве изделий из дрожжевого теста является газообразующая способность, от которой зависит пористость готовых изделий, и кислотонакопление, существенно влияющее на структурно-реологические свойства теста, а также обуславливающее вкус и аромат выпеченных галет. Для определения влияния стадии внесения компонентов зерновых смесей на газообразующую способность и кислотонакопление полуфабрикатов МКПХ и МКОХ вносили на стадии приготовления опары и теста. Для приготовления опары использовали 25 % мучного сырья.

Полученные результаты исследования (рис.1 а, б) свидетельствуют, что при приготовлении опары на основе зерновой массы происходило более интенсивное газообразование (900 см^3), а при использовании МКПХ и МКОХ для приготовления опары наблюдалось снижение интенсивности газообразования в 1,3 и 1,8 раз соответственно. Снижение газообразования в опаре, приготовленной на основе муки из крошки хлопьев, очевидно, связано с уменьшением жидкой фазы в опаре. Это обусловлено высокой водопоглощительной способностью МКПХ и МКОХ (табл.1) за счет наличия в них значительного количества полисахаридов (пищевых волокон, слизи, поврежденных зерен крахмала), обладающих высокой водосвязывающей способностью. Как известно, в жидких полуфабрикатах дрожжи размножаются лучше, чем в густых, вследствие лучшего обмена веществ [10]. Поэтому уменьшение жидкой фазы в опаре при внесении МКПХ и МКОХ обуславливает снижение активности дрожжевых клеток и, как следствие, приводит к снижению газообразования в полуфабрикатах. Интенсивное газообразование при использовании для приготовления опары зерновой массы, очевидно, объясняется активностью гидролитических ферментов, что способствует гидролизу крахмала, накоплению питательных веществ – низкомолекулярных белковых и углеводных соединений.

Таблица 1 – Водопоглотительная способность зерновых смесей, %

Состав смесей	Соотношение компонентов зерновых смесей				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
ДЗМ:МКПХ	54	56	58	62	66
ДЗМ:МКОХ	54	60	62	66	70

Однако при внесении до 75 % МКПХ и МКОХ на стадии замеса теста происходило повышение газообразования относительно контроля, что, очевидно, обусловлено присутствием в муке из хлопьев модифицированного крахмала – более доступного для действия амилолитических ферментов, вносимых с зерновой массой в тесто. В результате чего в тесте накапливается мальтоза, которая является основным энергетическим материалом для жизнедеятельности дрожжей.

Наиболее интенсивное газообразование наблюдается при внесении 50 % МКПХ и МКОХ при замесе теста. Это, возможно, связано с тем, что в данном образце находится наиболее рациональное соотношение активных ферментов и модифицированного крахмала. При дальнейшем повышении количества вносимой муки из крошки хлопьев в тесто газообразующая способность снижается, что, вероятно, обуслов-

лено двумя факторами: снижением количества активных гидролитических ферментов и уменьшением доли жидкой фазы в полуфабрикате. Следует отметить, что по сравнению с тестом, приготовленным с внесением МКОХ, более высокой газообразующей способностью характеризовались галетные полуфабрикаты с внесением МКПХ.

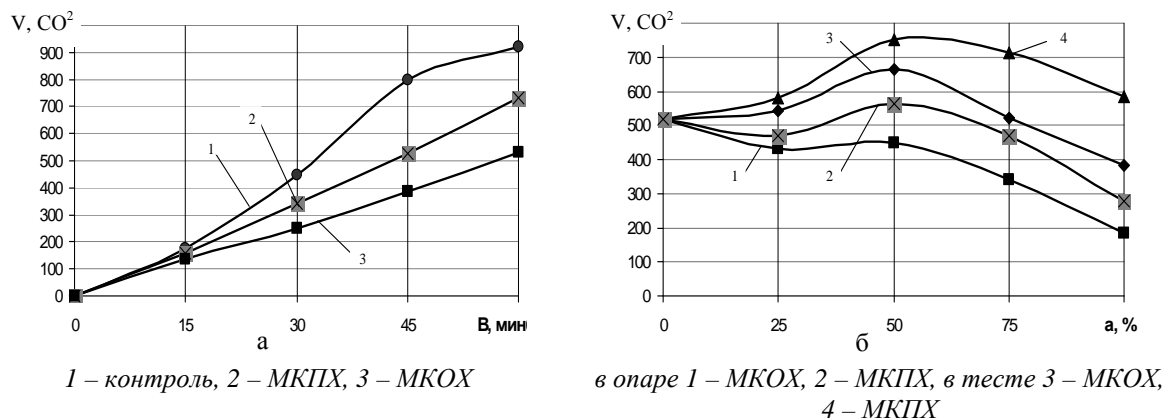


Рис. 1 – Газообразующая способность опары (а), теста (б)

Анализ результатов исследований влияния стадии внесения и соотношения компонентов зерновых смесей на кислотонакопление в опаре (рис. 2 а) показал, что наиболее интенсивное кислотонакопление наблюдалось при приготовления опары из ДЗМ. Это, очевидно, связано с наличием в зерновой массе легкоусвояемых макро- и микроэлементов, активных ферментов, ускоряющих расщепление сложных запасных веществ на более простые, легкорастворимые, которые служат питанием для дрожжевых клеток, в результате чего интенсифицируется взаимосвязанный процесс спиртового и молочнокислого брожения.

Кислотность галетного теста в конце вылеживания (рис. 2 б) была выше при внесении 25 и 50 % муки из крошки хлопьев при замесе теста, что обусловлено тем, что в муке из хлопьев белки находятся в денатурированном состоянии и являются более податливыми действию протеолитических ферментов, вносимых с зерновой массой. Это приводит к увеличению продуктов гидролиза белковых соединений во время брожения теста, которые являются дополнительным питанием для молочнокислых бактерий. Дальнейшее увеличение массовой доли муки из хлопьев в зерновых смесях, вносимых в тесто, приводит к снижению кислотонакопления, что возможно, связано со снижением массовой доли активных ферментов, вносимых с зерновой массой. Следует отметить, что более высокой кислотностью характеризовалось тесто с содержанием 50 % МКПХ.

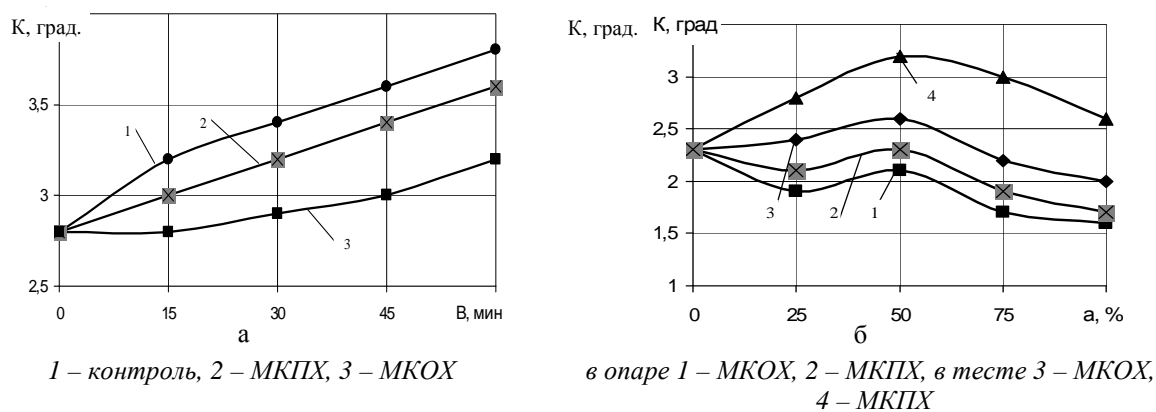
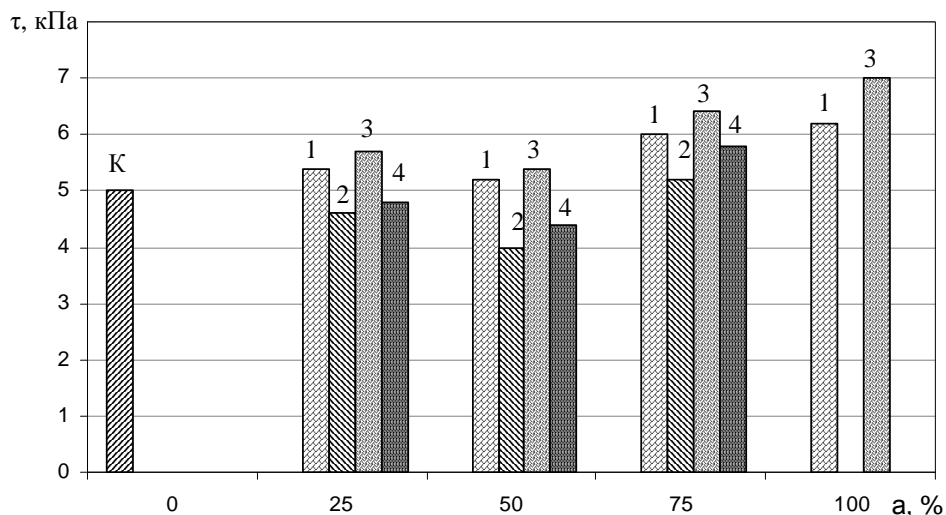


Рис. 2 – Зависимость кислотности опары от времени брожения (а), теста от соотношения зерновых компонентов (б)

При производстве мучных кондитерских изделий одним из основных процессов является приготовление теста с определенными структурно-механическими характеристиками, которые существенно влияют на качество продукции. Известно, что структурно-механические свойства тестовых масс зависят от состояния белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов мучной основы, от степени повреждения крахмальных зерен, что в свою очередь зависит от свойств исходного сырья и режимов его подготовки.

При проведении исследований влияния стадии внесения и соотношения компонентов в зерновых смесях на структурно-механические характеристики галетного теста определяли предельное напряжение сдвига, служащее для оценки прочности структуры и упруго-вязко-пластичных свойств тестовых масс. Анализ полученных данных (рис. 3) показал, что увеличение массовой доли муки из хлопьев до 50 % с внесением их при приготовлении теста сопровождалось снижением предельного напряжения сдвига относительно контроля. Наименьшей прочностью характеризовались образцы с содержанием в смеси 50 % муки из хлопьев. Это, вероятно, обусловлено более интенсивным газообразованием в полуфабрикатах (см. рис. 1), что приводит к лучшему разрыхлению и расслаблению структуры теста. Внесение МКПХ и МКОХ при приготовлении опары приводило к обратной зависимости – увеличению прочности галетного теста, особенно при использовании муки из крошки овсяных хлопьев. Это, вероятно, связано с высокой водопоглотительной способностью муки из хлопьев и более длительным нахождением их в полуфабрикатах, что способствовало более полному набуханию гидроколлоидов МКПХ, МКОХ, связыванию свободной влаги в тесте, и, как следствие, упрочнению структуры теста.



к – контроль, 1 – МКПХ в опаре, 2 – МКПХ в тесте, 3 – МКОХ в опаре, 4 – МКОХ в тесте

Рис. 3 – Зависимость предельного напряжения сдвига от соотношения компонентов в зерновых смесях

На потребительские свойства пищевой продукции существенную роль оказывают органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий. Такие физико-химические показатели качества зерновых галет, как влажность, щелочность, кислотность для всех образцов находились в предусмотренных стандартом пределах.

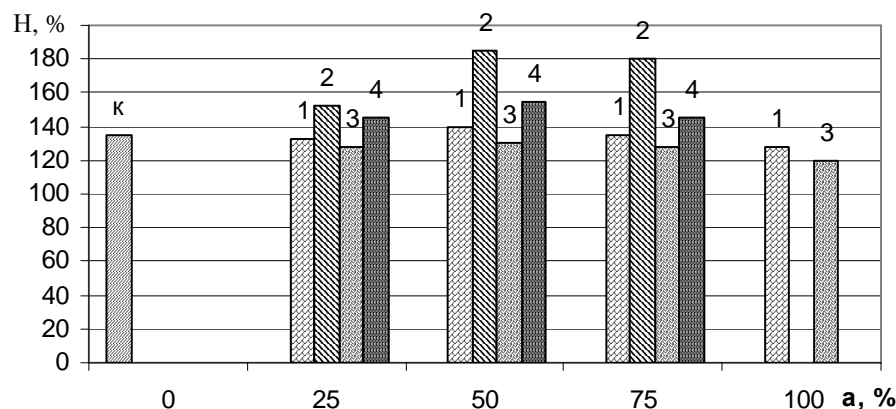
Немаловажными показателями качества для галет является намокаемость и твердость. Известно, что намокаемость косвенно характеризует пористость изделий, которая в свою очередь зависит от газообразующей способности галетного теста. Результаты исследований показали, что при внесении муки из хлопьев при замесе теста намокаемость галет увеличивалась (рис. 4). Более высокой намокаемостью обладал образец с внесением 50 % муки из пшеничных хлопьев, так как в данном образце наиболее интенсивно протекал процесс газообразования (см. рис. 1 б), что позволило получить продукт с более разрыхленной структурой. Дальнейшее увеличение массовой доли муки из хлопьев, вносимых в тесто, приводило к снижению намокаемости галет, что свидетельствует о снижении пористости получаемых изделий.

Изучение изменения твердости галет (рис.5) показывает, что внесение муки из хлопьев сопровождалось уменьшением твердости изделий по сравнению с контрольным образцом. Причем наименьшей твердостью обладали образцы на основе смеси ДЗМ и МКПХ при соотношении 50:50, что, вероятно, объясняется их более разрыхленной структурой.

Органолептические характеристики полученных образцов галет оценивали по следующим показателям: внешний вид (форма, цвет, состояние поверхности), вид в изломе (состояние пористости), запах и вкус.

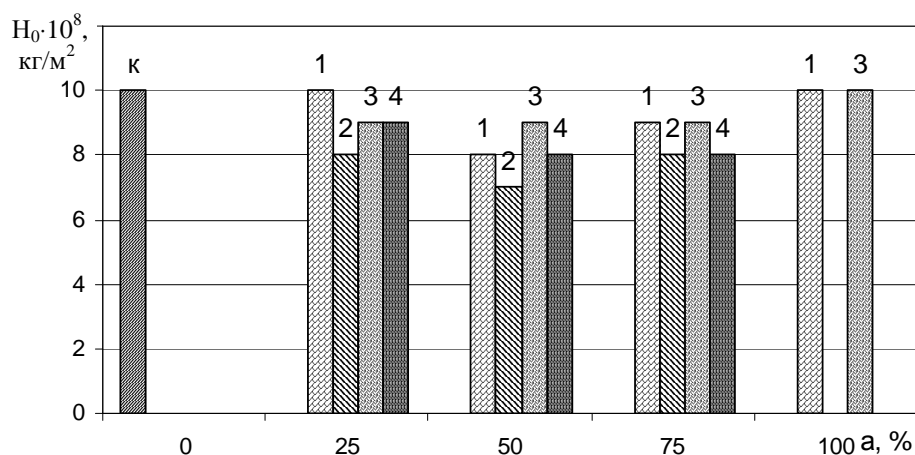
Внешний вид и форма готовых изделий определяют эстетичный вид выпеченных галет. Выпеченные образцы галет с внесением более 50 % муки из хлопьев отличались неправильной формой и поверхностью с трещинами. Это, возможно, связано с тем, что в результате предусмотренной технологией обработки

при производстве хлопьев белок в МКОХ и МКПХ находится в денатурированном состоянии и не образует неразрывную белковую сетку. При увеличении объема тестовой заготовки во время выпечки происходит разрыв белковой матрицы, что приводит к образованию на поверхности неровностей. По результатам исследований наиболее правильной формой, гладкой поверхностью и развитой структурой отличались образцы с соотношением ДЗМ и муки из хлопьев 50:50.



к – контроль, 1 – МКПХ в опаре, 2 – МКПХ в тесте, 3 – МКОХ в опаре, 4 – МКОХ в тесте

Рис. 4 – Зависимость намокаемости галет от соотношения зерновых компонентов в смесях



к – контроль, 1 – МКПХ в опаре, 2 – МКПХ в тесте, 3 – МКОХ в опаре, 4 – МКОХ в тесте

Рис. 5 – Зависимость твердости галет от соотношения зерновых компонентов в смесях

Данные образцы галет характеризовались также более ярко выраженным вкусом и ароматом. Это, вероятно, обусловлено наиболее рациональным соотношением в этих образцах активных ферментов и более подготовленных для расщепления гидроколлоидов теста (клейстеризованного крахмала и денатурированного белка) до аминокислот и простых сахаров. А, как известно, аромат и вкус изделий из дрожжевого теста зависят от количества меланоидинов и промежуточных продуктов, особенно альдегидов, образующихся при выпечке в изделиях в процессе меланоидинообразования. Кроме того, суммарное количество активных ферментов достаточно высокое для обеспечения более интенсивного молочнокислого брожения по сравнению с контролем, что способствует накоплению в тесте молочной кислоты и продуктов ее взаимодействия с другими составными веществами теста в процессе его созревания, которые улучшают аромат и вкус готовых изделий.

Анализ полученных данных показал, что лучшими по структурно-механическим, физико-химическим и органолептическим показателям качества обладали зерновые галеты, в рецептуру которых входило 50 % зерновой массы (с внесением 25 % в опару) и 50 % МКПХ.

Выводы:

1. Показана целесообразность приготовления зерновых галет с использованием продуктов переработки зернопродуктовой промышленности.

2. Установлено, что повышению газообразующей способности опары и теста, интенсификации кислотонакопления, а впоследствии улучшению качественных показателей готовых изделий способствовало внесение зерновой массы на стадии приготовления опары, а МКПХ и МКОХ на стадии приготовления теста. Показано, что для приготовления зерновых галет наиболее рациональным является использование смеси из ДЗМ и МКПХ в соотношении 50:50 при приготовлении опары на основе ДЗМ.

3. Использование смесей при производстве зерновых галет позволяет повысить их качество и расширить ассортимент мучных изделий функционального назначения.

Литература

1. Овчаренко О.Д. Новые полуфабрикаты из песочного теста повышенной пищевой ценности/ О.Д. Овчаренко, И.П. Березовинова// Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 11. – С. 62-65.
2. Иоргачева Е.Г. Влияние мучных композитных смесей на показатели качества бисквитных полуфабрикатов / Е.Г. Иоргачева, О.В. Макарова, Е.Н. Котузаки, Н.И. Кожокарь // Зб. наук.пр. ОНАХТ. – Вип. 36. – Т.1. – О. – 2009.– С. 216-221.
3. Пат 2084157 Россия, А 21 D 13/08. Способ производства печенья: Алт. ГТУ, Никитченко И.Т.; Зверев В.И.; Байдина Г.М.; Спирина В.А. № 94030775/13, Заявл. 09.08.1994; Опубл. 20.07.1997 Бюл. № 3
4. Чалдаев П.А. Современные направления обогащения хлебобулочных изделий/ П.А. Чалдаев, А.В. Зимичев // Хлебопечение России. – 2011. – № 2. – С. 24-28.
5. Лазуткин А.А. Способы повышения функциональных свойств хлебобулочных изделий на основе цельнозернового зерна пшеницы/ А.А.Лазуткин, А.И. Моисеева// Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 2. – С. 26-28.
6. Бастриков Д.М. Технология галет из диспергированной зерновой массы: Автореферат дис. канд. техн. наук. – М., 2007.-20 с.
7. Пшенишнюк Г.Ф. Вплив вологотеплової обробки зерна на хід технологічного процесу при виробництві зернового хліба/ Г.Ф. Пшенишнюк, О.В. Макарова, Г.С. Иванова, А.М. Ширалієва // Зб. наук.пр. ОНАХТ. – Вип. 38. – О. – 2010.– С. 243-247.
8. Макарова О.В. Влияние влаготепловой обработки пшеницы на показатели качества зернового хлеба / О.В. Макарова, Г.Ф. Пшенишнюк, А.С. Иванова // Харчова наука і технологія. – 2011. – №1. – С.59-63.
9. Талейсник М.А. Технология мучных кондитерских изделий/ М.А. Талейсник, Л.М. Аксенова, Т.С. Бернштейн. – М.: Агропромиздат, 1986. – 224 с.
10. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002. – 365 с.

УДК 664.641.016.8:633.791:66.061.3

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХМЕЛЕВЫХ ЭКСТРАКТОВ НА СИЛУ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Лебеденко Т.Е., канд. техн. наук, доцент, Щелакова Р.П. канд. техн. наук,

Соколова Н.Ю., аспирант, Мисержи М.Д., магистр

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В данной статье кратко рассмотрена роль клейковины пшеницы в формировании хлебопекарных свойств пшеничной муки. Описана функционально-технологические свойства хмеля, как рецептурного компонента хлебобулочных изделий. Приведены результаты исследований по комплексному анализу влияния хмелевых экстрактов на силу пшеничной муки.

In given article influence a gluten of wheat in formation on baking properties of wheat flour is short considered. The technological role of hop, as recipe a component of bakery products is described. Results of researches under the complex analysis of influence of hop extracts on baking properties of wheat flour are resulted.

Ключевые слова: хмель, клейковина, хлебопекарные свойства муки, пшеничный хлеб.

Среди различных зерновых культур, используемых человеком в качестве продуктов питания, исключительно большое значение с давних пор принадлежит пшенице. Хлеб из пшеничной муки отличается пористым, упругим и эластичным мякишем и обладает высокой питательностью и приятным вкусом. Во многих странах мира пшеничный хлеб является одним из основных и важнейших продуктов питания населения, в связи с чем вопросы повышения урожайности пшеницы и улучшения ее качества не перестают быть предметом научных исследований. Тем не менее, увеличение объемов производства сопряжено с ухудшением качества зерна, в связи с ухудшением климатических условий, истощением почв и т.д. Это все привело к нестабильности качества зерна, а значит и муки, которая является основным сырьем при производстве хлебобулочных изделий.

Хлебопекарные предприятия ежегодно перерабатывают значительное количество муки с пониженными хлебопекарными свойствами, в том числе с примесью зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Эта проблема характерна сегодня не только для Украины, но и для России, Казахстана и Западной Европы. Наибольшие повреждения пшеницы были отмечены в 2001, 2005 г. в Румынии, Болгарии, Польше, несколько меньше в Чехии и Германии. И по прогнозам в связи с климатическими условиями нынешнего года урожай пшеницы ожидается с излишне растяжимой клейковиной.

Исключительные пищевые достоинства пшеничного зерна в значительной степени зависят от содержания в нем своеобразного белкового вещества, называемого клейковиной. С тех пор как люди научились готовить пшеничный хлеб, известно, что при замесе пшеничной муки с водой образуется упругое, вязкое и эластичное тесто. Однако только в 1728 г. итальянский ученый Беккари выделил из пшеничного теста путем отмывания водой от крахмала и отрубей вязную, эластичную и упругую массу белковой природы, получившую название клейковины [1].

За прошедшие с тех пор почти два столетия изучению клейковины были посвящены многочисленные глубокие исследования, что не удивительно, если принять во внимание большое значение клейковины как ценнейшей составной части пшеничного зерна, определяющей в значительной мере его пищевые, технологические и товарные достоинства. В результате этих исследований установлено, что клейковина представляет в основном белковые вещества с некоторым количеством примесей небелкового характера. Белки клейковины обладают высокой способностью поглощать воду и набухать, образуя гидратированный упругий, эластичный и вязкий студень, который носит название «сырой клейковины» или просто «клейковины».

При замешивании муки с водой в процессе приготовления теста отдельные частицы клейковины, набухая, слипаются друг с другом и образуют непрерывную фазу гидратированного белка, которая напоминает сетку охватывает все крахмальные зерна, в результате чего и образуется компактная, упругая масса вязного теста. Углекислый газ, выделяемый дрожжами при брожении теста, разрыхляет эту массу, увеличивая ее объем и придает ей мелкопористую структуру, которая сохраняется благодаря упруго-эластичным свойствам набухшей клейковины, а затем закрепляется при выпечке, образуя характерную пористую структуру хлебного мякиша. Физические свойства теста – его упругость, эластичность, растяжимость, вязкость, определяемые в значительной мере количеством и качеством клейковины пшеничной муки, имеют большое значение в процессе производства хлеба.

Хлебопекарные предприятия ежегодно перерабатывают значительное количество муки с пониженными хлебопекарными свойствами, в том числе с примесью зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Эта проблема характерна сегодня не только для Украины, но и для России, Казахстана и Западной Европы. Наибольшие повреждения пшеницы отмечены в 2001 г. в Румынии, Болгарии, Польше, несколько меньше в Чехии и Германии.

Хлеб из такой муки получается неудовлетворительного качества, с малым объемом, плотным грубым мякишем, верхняя корка покрыта трещинами, подовый хлеб имеет сильно расплывчатую форму. Введенные клопом-черепашкой ферменты остаются в зерне и в процессе тестоприготовления, в результате их действия происходит расщепление белковых молекул, клейковина теряет упруго-эластичные свойства, становится липкой, тянущейся. Расслабление клейковины и резкое ухудшение ее физических свойств – результат изменений белково-протеинозного комплекса муки.

Проблему переработки такой муки все предприятия решают одинаково посредством введения улучшителей окислительного действия, поверхностно-активных веществ, модифицированных крахмалов, которые способны укреплять клейковину, увеличивают водопоглощительную способность муки, отбеливают мякиш. Тем не менее, следует искать альтернативу в натуральных растительных компонентах.

При разработке новых видов хлебобулочных изделий с введением различных нетрадиционных компонентов важным фактором является влияние их количественного и качественного состава на белково-

протеиназний комплекс муки, от которого в основном зависит показатель силы муки, получение хлеба стабильного качества с высокими потребительскими свойствами.

В рамках работы по применению хмелевых экстрактов в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки [2, 3], нами были проведены исследования по определению влияния хмелевых экстрактов различной концентрации, приготовленных при помощи различных экстрагентов на белково-протеиназный комплекс муки, включающий белковые вещества, протеолитические ферменты, активаторы и ингибиторы протеолитических ферментов.

Ранее нами были определены наиболее эффективные условия экстракции хмеля, соотношение экстрагируемого вещества к экстрагенту [2] с целью достижения максимального бактерицидного эффекта, не повлияв при этом на органолептические показатели готовых изделий. Для приготовления хмелевых экстрактов использовался хмель, гранулированный произведенный согласно ДСТУ 4099-02 типа 90 сорта «UA-AROMA» и молочная сыворотка по ОСТ 10-02-02-3-87. Физико-химические показатели готовых хмелевых экстрактов приведены в табл. 1.

Таблица 1 — Физико-химические показатели хмелевых экстрактов

Соотношение масс. част.	Системы хмель-вода			Системы хмель-молочная сыворотка		
	СВ, %	pH	Количество изогумулона, мг/дм ³	СВ, %	pH	Количество изогумулона, мг/дм ³
1:100	2,5	5,9	130	9,5	4,83	115

Белково-протеиназный комплекс, и прежде всего клейковина, является основным фактором, обуславливающим силу муки. Как известно, клейковина пшеничной муки представляет собой сильно гидратированный комплекс, состоящий в основном из белков глиадины и глютенина. В ходе исследований определяли содержание и качество клейковины, ее гидратационную способность, упругость, растяжимость и эластичность. Хмелевые экстракты добавляли в количестве (25...100) % от общего количества воды, контрольным образцом при этом служила клейковина, отмытая согласно ГОСТ 27839-88.

В результате установлено, что с увеличением дозировки хмелевого экстракта происходит значительное укрепление клейковины по упругости на приборе ИДК-1М, а именно на (20-22) %, в сравнении с контролем при использовании в качестве экстрагента – молочной сыворотки, и на (10-12) % – воды. Кроме этого уменьшалась растяжимость клейковины в среднем на (2-4) см. Остальные анализируемые показатели существенно не отличались от контрольного образца.

Полученные данные позволяют предположить, что за счет введения хмелевых экстрактов происходит сдвиг потенциала замешанной системы в сторону окислительного действия, упрочняя тем самым структуру белка, снижая активность протеаз, увеличивая силу муки.

Силу муки можно оценить только в комплексе, поскольку она зависит не только от количества, но и от качества клейковины. Под качеством клейковины обычно подразумевают совокупность ее физических свойств: растяжимость, упругость, эластичность, вязкость, связность, а также способность сохранять исходные физические свойства в процессе отмыкания и последующей отлежки. Качество клейковины определяется либо органолептически, либо с помощью разнообразных объективных методов. Органолептическое определение качества клейковины, наиболее широко распространенное на практике, является, конечно, условным и субъективным. Определение качества клейковины с помощью приборов является более объективным, но, с другой стороны, показание каждого прибора не позволяет судить о всей совокупности свойств клейковины – об ее растяжимости, упругости, вязкости, эластичности, прочности на разрыв и т. Д [1]. Поэтому для полной оценки качества клейковины показание каждого прибора приходится дополнять либо показаниями других приборов либо органолептической характеристикой клейковины. Именно поэтому для комплексной оценки влияния хмелевых экстрактов на хлебопекарные свойства пшеничной муки использовали регистрирующие приборы, такие как экстенсограф и фаринограф Brabender. Фаринограф Brabender используют для изучения изменений реологических свойств теста, а также влияния на них различных добавок или других видов муки.

Для изучения влияния хмелевых экстрактов на физические свойства теста использовали фаринограф Brabender. Для контрольного образца тесто замешивали из пшеничной муки в/с и воды, а для опытных образцов из муки и хмелевого экстракта. При этом в качестве второго контрольного образца использовалось тесто полученное из муки с молочной сывороткой, которая была подвергнута термической обработ-

ке при температуре 100 °С в течении 2 мин с целью инактивации ферментов, которые могли бы повлиять на результат исследования. Таким образом, сравнивая результаты со вторым контрольным образцом можно было выявить действие именно хмелевого экстракта на основе молочной сыворотки, а не самой молочной сыворотки.

Полученные в результате обработки целого ряда фаринограмм средние цифры исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Данные расшифровки фаринограмм

Показатели	Контроль	% замены воды хмелевым экстрактом			
		25	50	75	100
системы хмель-вода					
Консистенция теста, ед. прибора	480	480	475	475	470
Продолжительность образования теста, мин	1,0	2	2	1,5	1,25
Эластичность и растяжимость теста, ед. прибора	110	100	90	85	80
Стабильность теста, мин	7,5	8	8	9	9
Разжижение теста, ед. прибора	92	85	80	73	70
системы хмель-молочная сыворотка					
Консистенция теста, ед. прибора	500	480	480	475	500
Продолжительность образования теста, мин	3	2	2	2	2
Эластичность и растяжимость теста, ед. прибора	90	60	57	55	53
Стабильность теста, мин	5	8	8	12	12
Разжижение теста, ед. прибора	85	65	60	60	55

Из приведенных данных в табл. 2 видно, что при использовании хмелевых экстрактов происходит уменьшение эластичности и растяжимости теста, при этом использование хмелевого экстракта на основе молочной сыворотки оказывает больший эффект. Как известно состояние и свойства белков муки, а значит и теста зависят от их окислительно-восстановительного потенциала, обусловленного наличием в муке целого ряда окислительно-восстановительных систем, а сдвиг его в сторону окислительного действия упрочняет структуру белка. Этим, по всей вероятности, можно и объяснить такой эффект.

Кроме этого было установлено, что при использовании экстракта на молочной сыворотке сокращается время образования теста по сравнению с контрольным образцом, а также при использовании хмелевого экстракта на воде.

Поскольку фаринграф Brabender относится к приборам, которые позволяют судить о структурно-механических свойствах теста во время замеса, важно было оценить также изменение свойств теста при использовании хмелевых экстрактов в процессе его ферментации. Для этого использовали экстенсограф Brabender, который относится к динамическим регистрирующим приборам. Оценку свойств теста проводили в процессе его ферментации через 45, 90 и 135 мин. Образцы использовали аналогично исследованиям проводимых при помощи фаринографа Brabender.

Результаты расшифрованных экстенсограмм приведены в табл. 3 и 4.

Таблиця 3 — Данніе расшифровки екстенсограмм при использовании хмелевого экстракта системы хмель-вода

Показатели	Контроль	% замены воды хмелевым экстрактом			
		25	50	75	100
<i>Продолжительность ферментации 45 минут</i>					
Энергия, см ²	101,2	105	107	109	112
Сопротивление растяжению (упругость) P _c , ед. экст.	300	320	450	460	420
Растяжимость L, мм	180	175	170	175	155
Соотношение сопротивлению растяжения к упругости P _c /L	1,6	1,82	2,64	2,62	2,71
<i>Продолжительность ферментации 90 минут</i>					
Энергия, см ²	81,2	81,6	82,7	97,6	77,66
Сопротивление растяжению (упругость) P _c , ед. экст.	300	240	320	340	300
Растяжимость L, мм	170	210	160	170	160
Соотношение сопротивлению растяжения к упругости P _c /L	1,76	1,15	2	2	1,87
<i>Продолжительность ферментации 135 минут</i>					
Энергия, см ²	62,5	64,8	73,3	81,4	60,2
Сопротивление растяжению (упругость) P _c , ед. экст.	220	220	260	320	200
Растяжимость L, мм	155	195	170	150	160
Соотношение сопротивлению растяжения к упругости P _c /L	1,42	1,12	1,52	2,13	1,25

Таблиця 4 — Данніе расшифровки екстенсограмм при использовании хмелевого экстракта системы хмель-молочная сыворотка

Показатели	Контроль	% замены воды хмелевым экстрактом			
		25	50	75	100
<i>Продолжительность ферментации 45 минут</i>					
Энергия, см ²	114	123	127	132,7	134
Сопротивление растяжению (упругость) P _c , ед. экст.	410	420	465	480	540
Растяжимость L, мм	155	160	185	155	540
Соотношение сопротивлению растяжения к упругости P _c /L	2,64	2,62	2,51	3,09	4,15
<i>Продолжительность ферментации 90 минут</i>					
Энергия, см ²	87,7	98,6	108,8	114,3	123,7
Сопротивление растяжению (упругость) P _c , ед. экст.	340	320	325	340	400
Растяжимость L, мм	165	160	190	180	185
Соотношение сопротивлению растяжения к упругости P _c /L	2,06	1,99	1,71	1,77	2,16
<i>Продолжительность ферментации 135 минут</i>					
Энергия, см ²	65,3	69,8	78,7	79,4	88,2
Сопротивление растяжению (упругость) P _c , ед. экст.	240	320	280	320	300
Растяжимость L, мм	180	155	195	190	190
Соотношение сопротивлению растяжения к упругости P _c /L	1,33	2,06	1,43	1,68	1,57

Как видно из представленных данных при использовании хмелевых экстрактов во время ферментации пшеничного теста происходит увеличение сопротивлению растяжения теста, что говорит об укреплющем действии на клейковину теста вносимого компонента, а именно хмелевого экстракта. При этом подтверждаются полученные ранее данные о более эффективном воздействии хмелевого экстракта на основе молочной сыворотки, поскольку все показатели этих опытных образцов выше по сравнению с образцами теста для приготовления которых использовался хмелевой экстракт на основе воды.

Для более наглядного понимания и оценки полученных результатов на рис. 1 приведена динамика изменения такого показателя как энергия в процессе ферментации пшеничного теста. Именно этот показатель в комплексе с остальными дает возможность оценить силу муки, чем больше энергия, тем сильнее мука.

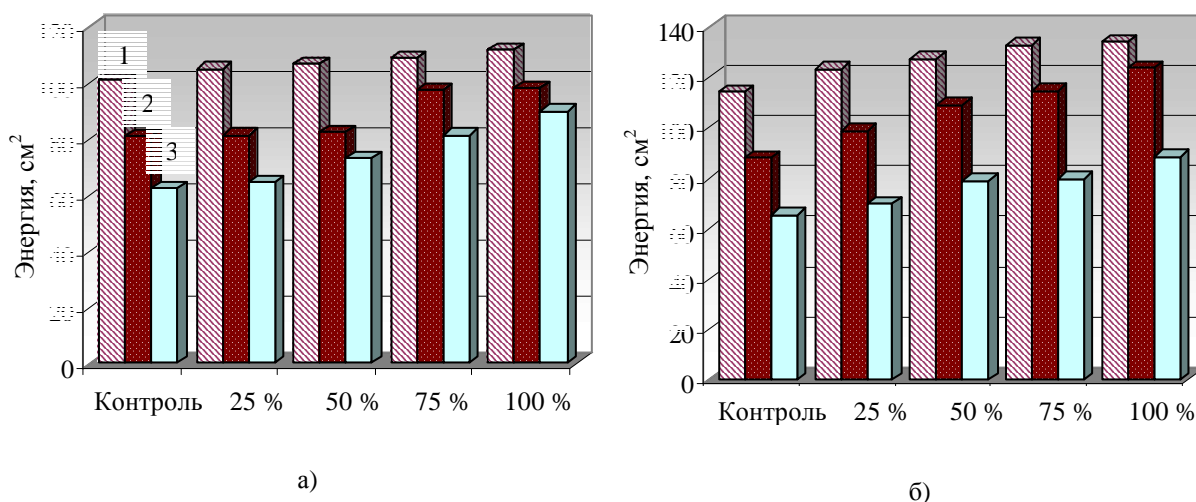


Рис. 1 – Энергия теста во время его ферментации при использовании хмелевого экстракта системы: а) хмель-вода; б) хмель-молочная сыворотка и продолжительности: 1- 45 мин; 2- 90 мин; 3 – 135 мин.

Как видно из графической интерпретации полученных данных на рис. 1 увеличение энергии теста в процесс его ферментации имеет линейную зависимость от вносимого количества хмелевых экстрактов. То есть с увеличением концентрации хмелевого экстракта этот показатель также увеличивается.

При этом следует отметить, что хмелевой экстракт на основе молочной сыворотки в большей степени влияет на увеличении энергии теста в процессе ферментации.

Таким образом, из полученных данных расшифрованных фаринограмм и экстенсограмм видно, что хмелевые экстракты позитивно влияют на физические свойства теста как в процессе его замеса увеличивая продолжительность стабильности и сокращая время образования, так и в процессе ферментации увеличивая энергию теста и сопротивление растяжению.

Сам же механизм такого воздействия на свойства теста хмелевых экстрактов пока остается не выясненным и требует более детального изучения, что и станет дальнейшим предметом исследования. В результате же проведен комплексный анализ по влиянию хмелевых экстрактов на силу пшеничной муки.

Литература

1. Вакар, А.Б. Клейковина пшеницы / А.Б. Вакар. – М: Изд. Академии наук СССР, 1961. – 249 с.
2. Лебеденко Т.Е. Использование экстрактов лекарственных растений в технологии хлебобулочных изделий Т.Е. Лебеденко, Е.Н. Кананыхина, Н.Ю. Соколова, В.Р. Рапита // Наукові праці ОНАХТ. – № 38, Том 1, 2010. – С. 229-234.
3. Пат. 48117 Україна, МПК А 21 D 8/02, Композиція інгредієнтів для приготування хліба пшеничного/ Лебеденко Т.Є., Кананыхина О.М., Соколова Н.Ю. заявник та патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. – № u200908901; заявл. 26.08.2009; опубл. 10.03.2010. Бюл. № 5. – 4 с.

УДК 664.665. (045)

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЯКІСТЬ БЕЗДРІЖДЖОВИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Пересічний М.І., д-р техн. наук, професор, Пересічна С.М., канд. техн. наук, доцент,
Пахомська О.В., аспірант

Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

У статті розглянуто питання збагачення хлібобулочних виробів необхідними нутрієнтами за рахунок використання хмелевої закваски, пророслого зерна пшениці, гарбузового пюре, шроту розторопші та концентрату квасного сусла.

The article considers the question of enrichment of bakery products with the necessary nutrients due to the usage of hop yeast, sprouted wheat grain, pumpkin puree, milk thistle short and kvass wort concentrate.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, проросле зерно, хмелева закваска, пророщування, концентрат квасного сусла.

Хлібобулочні вироби є важливим продуктом харчування для більшості населення України. Потреба в них притаманна людям будь-якого соціального статусу і за будь-якого рівня доходів. Вчені-дієтологи доводять, що одним із найбільш ефективних шляхів оздоровлення населення є створення системи здорового харчування, на основі виробництва продуктів, збагачених мікронутрієнтами, харчовими волокнами [1].

Одним із перспективних сучасних напрямів є розроблення новітніх технологій виробництва хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності

Метою наукової роботи є розроблення технології бездріжджових хлібобулочних виробів оздоровчого призначення на основі пророслого зерна пшениці з використанням його біологічно активного комплексу, хмелевої закваски та дієтичних добавок.

Об'єкт дослідження – технологія бездріжджових хлібобулочних виробів з використанням пророслих зерен пшениці на хмелевій заквасці та дієтичні добавки: гарбузове пюре, шрот розторопші плямистої, концентрат квасного сусла.

Предмет дослідження – житньо-пшеничний хліб (контроль), житньо-пшеничний хліб із пророслим зерном пшениці на хмелевій заквасці (дослід № 1), житньо-пшеничний хліб з пророслим зерном пшениці на хмелевій заквасці з гарбузовим пюре (дослід № 2), житньо-пшеничний хліб з пророслим зерном пшениці на хмелевій заквасці зі шротом розторопші плямистої, концентратом квасного сусла (дослід № 3).

Пророслі зерна рослинних культур – популярний натуральний продукт. Сучасні тенденції до максимального використання усіх анатомічних частин зерна злакових культур у харчуванні людини зумовлюють актуальність розроблення нових технологій перероблення зернових з отриманням продуктів на основі цільного зерна, яке є джерелом цінних нутрієнтів. Продукти такого типу необхідні для створення збалансованих харчових раціонів оздоровчого спрямування.

Особливість технології хліба з пророслого зерна пшениці, на відміну від традиційних способів приготування хлібобулочних виробів, полягає в підготовці зерна, включаючи його очищення, сортування, миття, замочування у воді, солодження (пророщування) і подрібнення. Подрібнення зерна для отримання однорідної маси – один з важливих етапів технології хліба з пророслого зерна пшениці. Від ступеня подрібнення залежить органолептична оцінка готового продукту: зовнішній вигляд, пористість м'якушки. Технологія виготовлення хліба із пророслої пшениці дозволяє зберегти в кінцевому продукті кількість вітамінів групи В і клітковини, які необхідні нашому організму для підтримки нормального тонуусу. Також при виготовленні хлібобулочних виробів з пророслого зерна пшениці замість дріжджів використовували хмелеву закваску. Адже, хліб на хмелю володіє цілющими властивостями, що здавна використовувалися в якості снодійного, протизапального засобу, а також для підвищення апетиту, при спазмах стравоходу. Його складові сприятливо впливають на організм людини, наприклад, холін знижує рівень холестерину в крові, тим самим перешкоджаючи або загальмовуючи розвиток атеросклерозу; смоли і ефірні масла, що є сильнодіючими фітонцидами, затримують розвиток грибків, захищають організм від шлунково-кишкових розладів, одночасно з цим чинячи на організм загальнозміцнювальний, протизапальний, регенераційний та противоалергійний вплив.

Як відомо, рекомендовані норми середньодобового споживання β -каротину з їжею повинні становити 5-6 мг. Однак через недостатнє споживання овочів і фруктів надходження β -каротину в організм лю-

дини не перевищує (1,0-1,5) мг на добу [2].

Одним із видів рослинної сировини, що має досить високий вміст пектинових речовин і вітамінний комплекс, є гарбуз. В 100 г м'якоті гарбуза утримується до 25 % вуглеводів, до 2 % крохмалю, до 0,15 % жиру й до 0,95 % клітковини, а також солі фосфорної кислоти, кальцію, значна кількість калію. За масовою часткою заліза (3 мкг/%) гарбуз є чемпіоном серед овочів. Багатий він і вітамінами: β -каротином, аскорбіновою кислотою, ніотиною кислотою, вітамінами B_1 і B_2 .

М'якоть гарбуза й сік поліпшують функцію кишечника, підсилюють виведення хлоридів з організму. Їх призначають при захворюваннях печінки, нирок та подагрі.

У якості контролю прийнято стандартний спосіб приготування пюре з відварного гарбуза, згідно з яким гарбуз миють і інспектують, обполіскують під душем, очищають, подрібнюють, варять протягом 10–15 хв. та протирають. Пюре отримували з гарбуза сорту «Вітамінний» різновид мускатний.

При виборі дозування гарбузового пюре враховували ряд факторів: необхідність максимального збагачення виробів пектинами, вітамінами й іншими біологічно активними речовинами, досягнення оптимальної концентрації з погляду їхнього лікувального й профілактичного впливу на організм людини; отримання готових виробів з високими органолептичними властивостями (колір, смак, запах); економічна доцільність.

Для визначення впливу гарбузового пюре на якість та харчову цінність хлібобулочних виробів проводили пробні лабораторні випічки за загальноприйнятою методикою наукових досліджень.

У результаті експериментальних досліджень було виявлено, що додавання гарбузового пюре в тісто приводить до поліпшення органолептичних показників: поліпшується колір виробів, пористість, еластичність м'якушки, форма готових виробів. Хлібобулочний виріб (дослід № 2), де гарбузового пюре додано в кількості 50 % від маси води, має більш високі органолептичні показники в порівнянні з іншими варіантами. Це обумовлює збільшення питомого обсягу, формоутримувальної здатності, утворення рівномірної пористості випечених бездріжджових хлібобулочних виробів.

У даній роботі досліджено вплив введення концентрату квасного сусла замість 1 % цукру на технологію бездріжджових хлібобулочних виробів. Концентрат квасного сусла (ГОСТ 28538-90) – в'язка рідина коричневого кольору, кисло-солодкого смаку, яку отримують шляхом затирання з водою житнього і ячмінного солодів з наступним освітленням. Добре зберігається завдяки густій консистенції (80 %). Основна технологічна властивість концентрату квасного сусла – високий вміст цукрів, завдяки чому відбувається швидке зброджування, що прискорює процес приготування тіста. Використання концентрату квасного сусла при приготуванні бездріжджових хлібобулочних виробів дає змогу не тільки вилучити цукор із рецептури, зберігаючи при цьому солодкий смак продукту, але й збагатити його біологічно активними речовинами. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що використання концентрату квасного сусла скорочує тривалість приготування тіста з 40 хв до 30 хв.

Завдяки додаванню концентрату квасного сусла у тісто під час випікання отримуємо виріб із більш привабливим забарвленням, блискучою скоринкою, збільшеним об'ємом, ніжним м'якушем та поліпшеними смаковими властивостями випечених виробів. Концентрат квасного сусла підвищує газоутримувальну здатність борошна і тим самим скорочує тривалість розстоювання, а також сприяє структуризації властивостей тіста. Концентрат квасного сусла має гарну фарбувальну здатність. Колір скоринки покращується за рахунок реакції меланоїдиноутворення – взаємодії амінокислот і цукрів, що містяться в тісті. Тому концентрат квасного сусла – це чудова натуральна альтернатива штучним барвникам. Крім того, концентрат квасного сусла пом'якшує високу кислотність хліба, надає виробам збалансовану природну солодкість, натуральний смак і аромат, таким чином поліпшує органолептичні показники якості готових хлібобулочних виробів та може бути використаний у технологіях приготування бездріжджових хлібобулочних виробів.

Оскільки хлібобулочні вироби мають низьку біологічну цінність, високу калорійність і незначну кількість вітамінів, то доцільно використовувати у їхньому складі шрот розторопші плямистої.

У шроті розторопші плямистої містяться силімарин, кверцетин, дегідрофлавонол, таксидолін та ін. Антиоксиданти розторопші плямистої ефективніші, ніж вітамін Е в сотні разів. Крім того, в рослині є до 32 % жирів, в тому числі більше половини поліненасичених жирних кислот: лінолева – 55 %, ліноленова – 3 %. Досить корисна розторопша плямиста ще й завдяки великій кількості, а саме 17,5 %, повноцінних білків; містить вона і мінеральні речовини: селен, цинк, магній, літій, кобальт, калій, натрій, фосфор, кальцій, кремній, залізо, мідь, марганець, йод та ін. З водорозчинних вітамінів в розторопші плямистій містяться тіамін (B_1), рибофлавін (B_2), ніацин (PP), холін (B_4), піридоксин (B_6), фолацин (B_9), аскорбінова кислота (C), флавоноїди (P), біотин (H); є також жиророзчинні вітаміни: A, D, E, K та F. Кількість вуглеводів у розторопші – 30 %, а енергетична цінність 100 г добавки містять – 482 ккал [2].

Дієтична добавка зі шроту розторопші плямистої має антимутагенні, мембранозахисні властивості, захищає організм людини від шкідливого впливу радіоактивних та токсичних речовин, відновлює струк-

туру та функцію хворого органу людини (перш за все – печінки та серцево-судинної системи), посилює імунітет, підвищує опір організму до хвороб, перешкоджає всмоктуванню в шлунково-кишковий тракт токсичних речовин та радіонуклідів, захищає від дії факторів, що провокують розвиток пухлин, сприяє заживленню виразок, нормалізує обмін речовин, знижує рівень холестерину в крові, нормалізує кількість цукру в крові.

Технологію приготування бездріжджових хлібобулочних виробів подано на рис. 1.

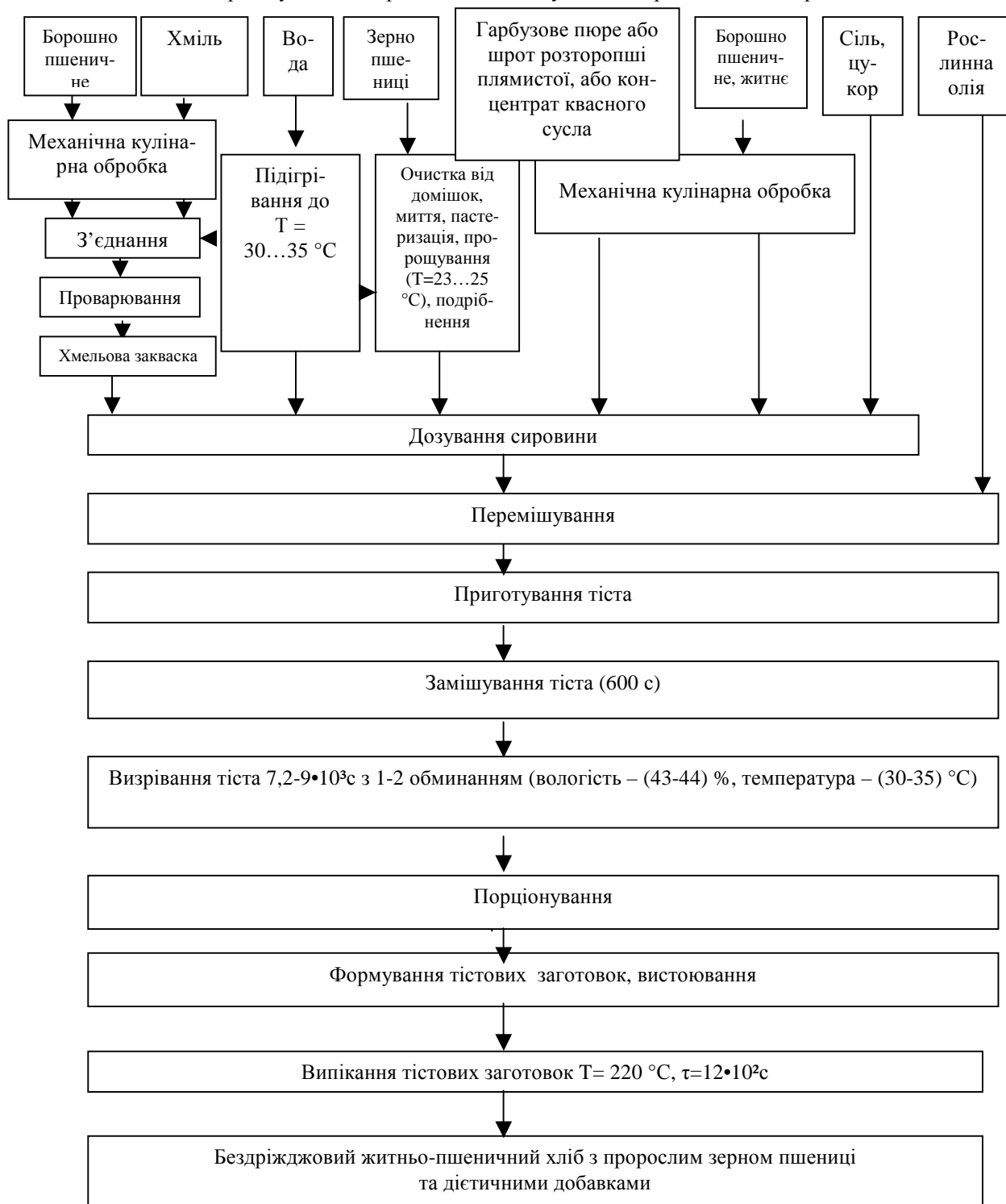


Рис. 1 – Технологічна схема приготування бездріжджового житньо-пшеничного хліба з пророслим зерном пшениці на хмельовій заквасці з дієтичними добавками

При відпрацюванні технології та в результаті проведення органолептичної оцінки якості бездріжджових хлібобулочних виробів з дієтичними добавками за 5-бальною шкалою, яку наведено в табл. 1, визначено раціональну кількість дієтичних добавок: проросле зерно пшениці – 30 % від маси борошна, дріжджі 100 % замінено на хмelloву закваску, гарбузове пюре – 50 % від маси води, концентрат квасного суслу – 1 % від маси цукру та 8 % шроту розторопші плямистої від маси борошна.

Таблиця 1 – Органолептичні показники якості бездріжджових хлібобулочних виробів на хмelloвій заквасці з пророслим зерном пшениці та дієтичними добавками

Зразки	Зовнішній вигляд	Колір	Консистенція	Запах	Смак	Пористість	Загальна оцінка
Контроль	4,94	4,82	4,87	4,93	4,96	4,90	4,9
Дослід № 1	4,86	4,94	4,75	4,89	4,63	4,73	4,8
Дослід № 2	4,83	4,97	4,81	4,83	4,86	4,80	4,85
Дослід № 3	4,85	4,86	4,78	4,46	4,50	4,77	4,7

Проведені експериментальні дослідження свідчать, що введення в тісто пророслого зерна пшениці, хмelloвої закваски, гарбузового пюре, концентрату квасного суслу, шроту розторопші плямистої зумовлює позитивні зміни хімічного складу готових бездріжджових хлібобулочних виробів (табл. 2).

Таким чином аналіз харчової цінності бездріжджових хлібобулочних виробів показав, що при додаванні раціональної кількості пророслого зерна пшениці, хмelloвої закваски, гарбузового пюре, шроту розторопші плямистої та концентрату квасного суслу у тісто збільшилась кількість білків від 29,4 % до 34,8 % , жирів – від 112,0 % до 156,0 %, харчових волокон – від 4,8 % до 6,4 %, кальцію – від 13,1 % до 32,5 %, калію – від 29,9 % до 41,5 %, фосфору – від 104,4 % до 108,1 %, заліза – від 39,4 % до 53,5 %, магнію – від 151,5 % до 157,7 %. Збільшився вміст вітамінів: В₁ – від 111,5 % до 117,2 %, В₂ – від 119,9 % до 130,4 % токоферолу – від 728,9 % до 738,0 %.

Резюмуючи вищевикладене, можна констатувати доцільність використання хмelloвої закваски, концентрату квасного суслу, гарбузового пюре, шроту розторопші плямистої, пророслого зерна пшениці у виробництві бездріжджових хлібобулочних виробів і стверджувати, що це є перспективним напрямом, який дозволяє розширити асортимент хлібобулочних виробів функціонального призначення.

Література

1. Побігай, Т. В. Харчові волокна і якість готової продукції / Т. В. Побігай // Харчова промисловість. – 2003. – № 3.
2. Застосування антиоксидантної харчової добавки у виробництві хліба й хлібобулочних виробів / Г. Ф. Дремучева [і ін.] // Хлібопечення Росії. – 2009. – № 1.
3. Ягодка В.С. «Лекарственные растения в дерматологии и косметологи» – К.: «Наукова думка». – 2005.

УДК 664.38 [664.6:664.143]

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БІЛКІВ З КОЛАГЕНОВМІСНОЇ СИРОВИНИ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Теймурова А.Т., Домахіна М.О.
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Вивчено вплив концентратів тваринних білків з колагеновмісної сировини на структурно-механічні властивості желейних кондитерських та хлібобулочних подових виробів. Встановлено позитивний вплив добавок на адгезійні властивості желе і мармеладу, формостійкість хліба подового.

The effect of animal proteins concentrates from the collagen raw material on structural and mechanical properties of bakery and jelly confectionery products is studied. A positive effect of additives on the adhesive properties of jelly confectionery and white bread formstability is established.

Ключові слова: концентрати тваринних білків, хліб подовий, формостійкість, міцність зв'язків адгезії, желе, мармелад.

Структурно-механічні властивості хлібобулочних і кондитерських виробів зумовлюють низку споживчих властивостей та формують високу якість продукції під час її транспортування, реалізації та споживання. Досвід фахівців хлібопекарської та кондитерської галузі передбачає активне застосування різних способів регулювання функціонально-технологічних властивостей сировини для формування структури готової продукції. Прагнення виробників збільшити обсяги виробництва харчових продуктів масового споживання надали поштовх розвитку виробництва і застосуванню харчових добавок хімічного походження в хлібопекарській і кондитерській галузях.

Після уварювання желейна маса являє собою в'язку рідину, яка поступово переходить при охолодженні в структуровану драгледібну систему. Драглі відносять до структурованих систем, які займають проміжне місце між ідеально пружними та ідеально в'язкими тілами [1]. Драглям притаманна еластичність, зумовлена гнучкістю макромолекул їх високополімерних сполук. Гнучкість залежить від низки чинників, а саме: природи атомів, характеру їх розташування по довжині ланцюжка, величини сил зчеплення, довжини ланцюга, температури тощо [2]. Крім того, структурно-механічні показники продукції з драгледібною структурою залежать від якості драглеутворювача, рецептури, вологості желейної маси, вмісту редуруючих речовин та ін.

Відомо, що при поверхневому контакті драглів з різними за структурою матеріалами обладнання може виникати явище прилипання внаслідок утворення адгезійного зв'язку. Відомо, що гідроксилвмісні вуглеводи, які формують структуру драглі, мають добрі адгезійні властивості [3]. Залежно від призначення технологічної операції бажаним можна вважати послаблення або посилення адгезійної взаємодії продукту з матеріалом. Проте коливання сил адгезії порівняно з традиційною желейною продукцією, повинні бути незначними, враховуючи вирішеність питання збалансованості структурно-механічних властивостей продукції та режимів роботи сучасного технологічного обладнання та матеріалів, з яких воно виготовлене.

Сукупність факторів, які зумовлюють формування структурно-механічних властивостей дріжджового тіста, складають:

— на мікрорівні – властивості борошняної сировини (стан білково-протеїназного, вуглеводно-амілазного та ліпідно-ліполітичного комплексів);

— на макрорівні – компоненти рецептури тіста і технологічні прийоми його виробництва (кількість і якість води, повареної солі, дріжджів, цукру, жиру та ін.; значення титрованої та активної кислотності середовища; температура та тривалість операцій замішування, бродіння, вистоювання, оброблення; склад повітряного середовища при замішуванні та ін.

Під час тістоутворення відбуваються складні фізико-хімічні та біохімічні процеси, інтенсивність яких регулюється рецептурним складом тіста, властивостями сировини та технологічними параметрами її обробки. Все це дозволяє отримувати тісто із заданими пружно-пластично-в'язкими властивостями.

Якщо за використання всіх резервів регулювання технологічних параметрів спостерігаються відхилення показників структурно-механічних властивостей тіста від нормативних (у тому числі через особливості якості борошняної сировини), застосовують добавки-поліпшувачі. Для покращення хлібопекарських властивостей борошна застосовують широкий спектр добавок, але переважно це хімічні поліпшувачі окисної дії, серед яких йодат калію, перекис ацетону, аскорбінова кислота та інші. У виробництві желейних виробів для регулювання структурно-механічних властивостей продукції найбільш популярними є хімічні добавки-модифікатори завдяки своїй простоті використання та невисокій вартості.

Таке широке застосування добавок хімічного походження у виробництві харчових продуктів масового споживання, зокрема хлібобулочних та кондитерських виробів, призвело до зниження їх харчової та біологічної цінності. В умовах популяризації здорового способу життя серед населення світові та вітчизняні виробники харчопереробної галузі почали активно запроваджувати технології, що передбачають використання сировини натурального походження.

Зовсім недавно на світовому ринку з'явилися нові товарні форми харчових добавок – концентрати тваринних білків (КТБ), отримані з колагеновмісної сировини, яка являє собою вторинний ресурс м'ясопереробних виробництв. В основному, це сполучна тканина, що складається з клітин, міжклітинної речовини та волокон колагенового характеру; крім того, вона містить незначну кількість еластинових, ретикулінових волокон і кровоносні судини. До речі, практично всі фахівці, які досліджують колаген, вважають, що недостатній вміст його в організмі людини колагеновмісних речовин призводить до старіння шкіри, знижує її еластичність, сприяє появі зморшок. Саме колаген підтримує шкіру в натягнутому стані, забезпечує гнучкість і рухливість суглобів та ін.

Порівняно з традиційними хімічними поліпшувачами КТБ мають не тільки високі функціонально-технологічні, але й поживні властивостями. Ці добавки є цілком безпечними для організму людини, оскільки їх отримують за екологічно чистою інноваційною технологією. КТБ мають нейтральні органолеп-

тичні показники, драглеутворювальну здатність, емульгувальну здатність, термостійкість, що дозволяє вводити їх до складу багатьох харчових продуктів з метою покращення їх властивостей.

Незважаючи на нещодавність існування концентратів тваринних білків на сучасному ринку, вже існує певний науковий і практичний досвід їх застосування. Теоретичні та практичні дослідження взаємодії та сумісності біополімерів (білок–полісахарид) у м'ясних полікомпонентних системах з урахуванням їх впливу на фізико-хімічні та технологічні властивості таких систем закладено у фундаментальних роботах таких вчених, як Толстогузов В.В., Рогов І.О., Віннікова Л.Г. та ін. [5,6,7].

Відомо, що сполучнотканинні компоненти збагачують продукти волокнами, аналогічними за своєю фізіологічною дією рослинним, покращують роботу системи травлення людини та здатні поглинати небажані речовини. Тому на сьогодні інтенсивно розвиваються біотехнологічні способи комплексної переробки колагенвмісної сировини для одержання екологічно безпечної продукції з заданими якісними показниками.

Метою досліджень є вивчення впливу КТБ з колагенвмісної сировини на структурно-механічні властивості хлібобулочних подових та желейних кондитерських виробів. Об'єктами досліджень виступали КТБ Сканпро (Т-95, Т-91), Геліос-11; агар RGM 1000 (з червоної водорості Грацилярія); цукор білий; патока; кислота лимонна; желе; мармелад; борошно пшеничне (ВДК=90 та 135 ум. од., кількість клейковини 24 та 30 %,); хліб подовий. Концентрації агару, цукру, патоки і кислоти в складі контрольних зразків желе та мармеладу обрані з урахуванням традиційних рецептур.

Отримані дані щодо впливу КТБ Геліос-11 та Сканпро Т95 на структурно-механічні властивості хлібобулочних подових виробів (рис. 1). Найефективніша дія цих добавок за критерієм формостійкості подових виробів спостерігається за концентрацій 1...2 %, а подальше збільшення концентрації призводить до зниження Н/Д внаслідок зміцнення тіста. У присутності КТБ в зазначеному інтервалі концентрацій формостійкість виробів із сильного борошна зростає від 0,37 до 0,50...0,56 для КТБ Геліос-11 та 0,44...0,55 із КТБ Сканпро, зі слабого борошна – від 0,20 до 0,29...0,38 та 0,25...0,37 відповідно.

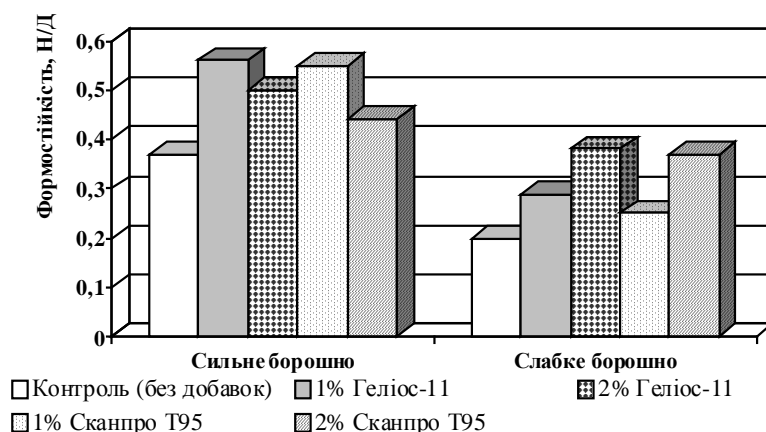


Рис. 1 – Вплив КТБ на формостійкість хліба подового з пшеничного борошна

Результати експериментальних досліджень адгезійних властивостей желе з використанням КТБ Сканпро Т95 та Т91 з різною кількістю агару представлено на рис. 2. Видно, що додавання КТБ призводить до підвищення міцності адгезії желе до 2,3...2,6 кПа порівняно з контрольним зразком (2 кПа) за традиційної рецептурної кількості агару – 1,03 %. У присутності КТБ та при одночасному зменшенні масової частки агару до 0,67 %, що складає 35 % від традиційної кількості, міцність зв'язків адгезії також знижувалась, але залишаючись при цьому на рівні значень контрольного зразка.

Аналогічні тенденції спостерігаються при дослідженні міцності адгезії желейного мармеладу з додаванням КТБ (рис. 3). Варто зазначити, що КТБ Сканпро Т95 чинить більш істотний вплив на міцність зв'язків адгезії порівняно з Сканпро Т91. Це пояснюється більшим вмістом білка, а також більшою кількістю карбоксил- та гідроксильовмісних груп білкових макромолекул, які підвищують адгезійні властивості драглів.

Вважають [1,2,4], що навантаження полімерів супроводжується двома процесами: гнучкий ланцюг окремої макромолекули подовжується, а власне макромолекула може перемішуватись відносно іншої макромолекули. Мабуть, за додавання КТБ посилюється саме явище переміщення, оскільки воно є процесом пластичної течії. Виникнення нових сил міжмолекулярної взаємодії, релаксації внутрішніх напруг може призводити до зміни адгезійних властивостей желе та мармеладу.

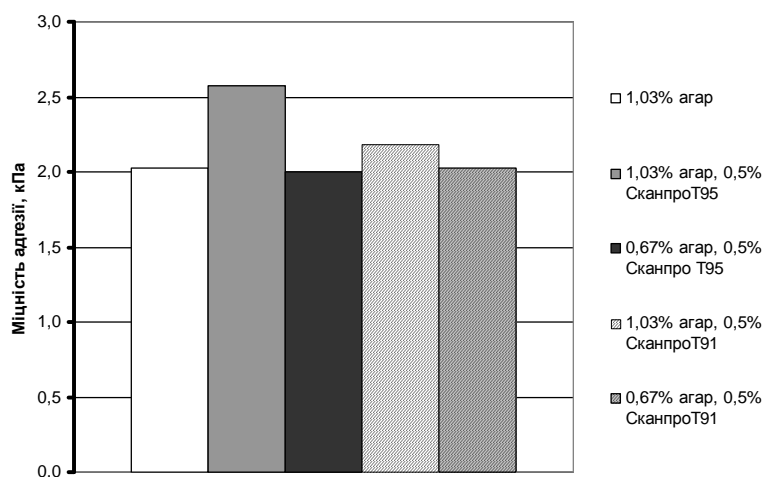


Рис. 2 – Вплив КТБ на міцність зв’язків адгезії желе (склад желевної маси: 40 % цукру, 10 % патока, 1,5 % лимонна кислота за різної кількості агару)

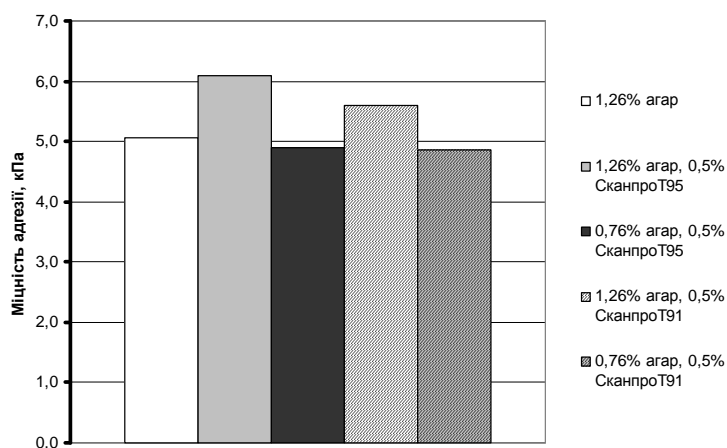


Рис. 3 – Вплив КТБ на міцність зв’язків адгезії мармеладу (склад мармеладної маси: 50 % цукру, 25 % патока, 1,5 % лимонна кислота за різної кількості агару)

Висновки

Додавання КТБ з колагеновмісної сировини має позитивний вплив на структурно-механічні властивості хлібобулочних і желейних кондитерських виробів. Підвищення міцності зв’язків адгезії желе та мармеладу з КТБ Сканпро (Т95, Т91) може бути знівлено зниженням рецептурної кількості агару на 35...40 %. Використання КТБ Геліос-11, Сканпро Т95 підвищує формостійкість хліба подового зі слабого та сильного пшеничного борошна. На наш погляд, покращувальна дія КТБ на структурно-механічні властивості желейних кондитерських та хлібобулочних виробів може зумовлюватися такими обставинами. З одного боку, зміною стану вологи в системі, оскільки всі складники досліджуваних систем виявляють виражені гідрофільні властивості, з іншого – можливість взаємодії КТБ зі складниками досліджуваних систем внаслідок конформаційних перетворень макромолекул.

Література

1. Манк В.В. Колоїдна хімія / Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, В.В. Манк та ін.; під заг. ред. В.В. Манка. – К. : УДУХТ, 1999. – 328 с.
2. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А. В. Зубченко. – Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 1997. – 416 с.
3. Зимон А.Д. Адгезия пищевых масс / А.Д. Зимон, А.М. Евтушенко. – М. : Дели, 2008. – 398 с.
4. Зимон А.Д. Коллоидная химия / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко // учебник для вузов, 3-е изд., доп. и испр. – М. : АГАР, 2001. – 320 с.

5. Рогов И.А. Химия пищи. Белки: структура, функции, роль в питании / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко и др. // В 2 кн. Кн.1. – М. : Колос, 2000. – 384 с.
6. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясных продуктов / Л. Г. Винникова // учебник – К. : ИНКОС, 2006. – 600 с.
7. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи / В. Б. Толстогузов // М. : Агропромиздат, 1987. – 303 с.

УДК 664.641

ВИКОРИСТАННЯ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З БОРОШНА ПШЕНИЧНОГО ОЗОНОВАНОГО

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Холодова О.А.
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,
м. Харків

У роботі розглянуто питання доцільності використання борошна пшеничного озонованого в технології хлібобулочних виробів оздоровчого призначення з використанням дрібнодисперсних зародків пшениці.

In the article considered the question of feasibility of using ozone-treated wheat flour in the bakery products technology for health improvement with the wheat germ usage.

Ключові слова: пшеничне борошно, озон, зародки пшениці, технологічні властивості, якість.

Створення синтетичних та хімічно модифікованих продуктів, зниження частки натуральних продуктів та продуктів тваринного походження в раціоні харчування як дорослого населення, так і дітей, психо-емоційні стреси, погіршення екологічної ситуації в Україні призвели до різкого зростання рівня захворюваності у населення. Для підвищення резистентності організму людини виникає необхідність створення функціональних та оздоровчих харчових продуктів. Найбільш привабливими для цієї мети є продукти щоденного та масового споживання. До таких продуктів можна віднести хлібобулочні вироби, які користуються великим попитом серед широких верств населення України.

Фізіологічна роль хлібобулочних виробів визначається вмістом у їх складі основних біологічно важливих нутрієнтів. Аналіз асортименту найбільш популярних хлібобулочних виробів з пшеничного борошна свідчить про незбалансованість їх складу за основними біологічно активними речовинами. Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна високого виходу характеризуються низьким вмістом білків, недостатньою кількістю лізину, метіоніну та триптофану. Такі вироби мають невисокий вміст вітамінів групи В та відсутність вітамінів А і С. Незбалансованим є співвідношення Са : Р, що призводить до низького рівня засвоєності кальцію організмом людини. Тому пріоритетним напрямком регулювання якості хлібобулочних виробів є внесення в їх рецептурний склад компонентів, що дозволяють надати їм оздоровчих властивостей. Найбільш перспективною для підвищення харчової цінності хлібобулочної продукції з технологічної та функціональної точки зору є рослинна сировина, багата на біологічно активні речовини.

Якість хлібобулочних виробів є інтегрованим результатом якості сировинного матеріалу, параметрів технологічного процесу та виду обладнання, на якому виробляється продукція. Тому закономірним є той факт, що внесення збагачувальної сировини, у тому числі й сировини рослинного походження, в рецептурний склад хліба безпосередньо впливає на якість напівфабрикатів, кінцевого продукту, а також хід технологічного процесу. В науковій літературі досить широко висвітлено питання збагачення хлібобулочних виробів сировиною функціональної спрямованості, надано багато рекомендацій щодо корегування та ведення технологічного процесу. Однак, переважна більшість зазначених рекомендацій стосується борошна з добрими хлібопекарськими властивостями [1,2]. Проте, сьогодні частішають випадки надходження на підприємства борошна зі слабкою клейковиною, тому практичне застосування знаходить лише обмежена кількість існуючих рекомендацій.

За умов, що склалися, своєчасним залишається вирішення питання збагачення хлібобулочних виробів сировиною, яка, підвищуючи біологічну цінність хліба, водночас погіршує хлібопекарські властивості борошна.

На наш погляд, серед широкого спектра збагачувальної сировини рослинного походження особливої уваги заслуговують пшеничні зародки, які належать до високобілкових збагачувачів. У пшеничних зародках на частку білків припадає (33...40) % від їх загальної маси. За хімічною природою, складом і харчовою якістю білки пшеничного зародка знаходяться нарівні з білками тваринного походження. У пшенич-

них зародках сконцентровано велику кількість мікро- та макроелементів і легкозасвоюваних вуглеводів [1,2]. Внесення пшеничного зародку до рецептури хлібобулочних виробів дозволяє збагатити їх вітамінами В₁, В₂, В₆, РР, Е, провітаміном А та поліненасиченими жирними кислотами Омега-3 і Омега-6. У пшеничному зародку зосереджено аномально високу кількість пентозанів (до 10 %).

Внесення зародків пшениці в рецептурний склад тіста зазвичай призводить до збільшення ступеня його розрідження під час бродіння, збільшення адгезії тіста, що негативно позначається на якості готових виробів. Тому при їх використанні рекомендують застосовувати хлібопекарські поліпшувачі, зокрема поліпшувачі окисної дії, такі як йодат калію, перекис ацетону та ін. [2]. На наш погляд, такий технологічний захід не є доречним. Ми підтримуємо думку фахівців, які вважають, що вироби оздоровчого та функціонального призначення не повинні вмещувати будь-які харчові добавки синтетичного (не натурального) походження, які є потенційно небезпечними для організму людини та можуть вступати в хімічну взаємодію з компонентами збагачувальної сировини.

Альтернативним та більш ефективним способом поліпшення хлібопекарських властивостей слабкого пшеничного борошна, в тому числі для виробництва хлібобулочних виробів оздоровчого призначення, є попереднє його оброблення в озono-повітряній суміші. Це дозволяє значно поліпшити властивості клейковини за рахунок інтенсивних окисних процесів, що ініціюються озоном, без накопичення в борошні мутагенних та канцерогенних речовин.

Метою наших досліджень було встановлення можливості використання борошна пшеничного зі слабкою клейковиною, зміцненого дією озону, в технологіях хлібобулочних виробів оздоровчого призначення. Як збагачувальну сировину використовували товарну форму дрібнодисперсних зародків пшениці виробництва фірми «Новое время» (ТУ У 15.8 22503701-001-2004) в такій кількості: 1,0, 5,0 та 10,0 % до маси борошна. Використовували борошно пшеничне вищого сорту (ГСТУ 46.114-99) з незадовільно слабкою клейковиною (ІДК – 115 од. пр., розтяжність – 32 см, гідратаційна здатність – 231 %) без оброблення й оброблене озono-повітряною сумішшю з концентрацією озону 1,0 г/м³ та тривалістю оброблення – 18 хв (борошно пшеничне озоноване). Зародки пшениці вносили на стадії замішування тіста за безопарного способу тістоприготування. Вологість тіста становила 44 %.

Досліджували вплив дрібнодисперсних зародків пшениці на показники кількості та якості клейковини. Показники якості клейковини оцінювали за стандартними методиками. Якість клейковини оцінювали через 20 хв після замісу та після 1,5-годинного відлежування тіста (табл. 1).

Таблиця 1 – Вплив зародків пшениці на вміст і властивості клейковини

Показник якості	Борошно без оброблення				Борошно пшеничне озоноване			
	Дозування дрібнодисперсних зародків пшениці, % до маси борошна							
	0	1	5	10	0	1	5	10
через 20 хв відлежування тіста								
Вміст сирої клейковини, %	19,2	19,1	19,2	19,0	17,7	17,9	17,8	17,6
Гідратаційна здатність, %	231,2	230,8	230,7	231,1	213,2	213,4	213,7	212,9
Вміст сухої клейковини, %	6,08	6,08	6,06	6,07	5,98	6,01	5,99	5,97
Розтяжність, см	32	31	31	30	24	24	23	22
Пружність на приладі ІДК-1М, од. пр.	115	113	112	114	90	92	91	92
через 1,5 години відлежування тіста								
Вміст сирої клейковини, %	19,0	18,8	18,3	18,1	17,5	17,4	17,2	17,1
Гідратаційна здатність, %	256,3	260,4	275,3	282,2	213,4	215,6	218,4	225,3
Вміст сухої клейковини, %	5,76	5,74	5,43	4,91	5,88	5,86	5,84	5,77
Розтяжність, см	36	36	38	42	34	34	34	36
Пружність на приладі ІДК-1М, од. пр.	135	138	142	148	113	115	118	120

За результатами досліджень встановлено, що внесення дрібнодисперсних зародків пшениці суттєво не впливає на кількість та якість клейковини через 20 хв відлежування тіста з борошна без оброблення та борошна пшеничного озонованого. Проте, оброблення борошна озono-повітряною сумішшю сприяє істотному посиленню пружних властивостей клейковини.

Протеолітичні процеси, що відбуваються в тісті під час технологічного процесу, мають позитивний вплив на якість хлібопекарської продукції. Відбувається гідроліз білків, продукти якого використовуються для живлення дріжджових клітин, а також беруть участь у формуванні ароматичних сполук та меланоїдинів під час випікання хлібобулочних виробів. Проте, надмірні протеолітичні процеси в тісті призво-

дять до розпливання тіста, збільшення його адгезії та значних втрат сухих речовин. Відомо, що негативний вплив зародків пшениці на якість хліба пов'язаний з підвищеною активністю його протеолітичних ферментів. Про інтенсивність перебігу протеолітичних процесів у тісті з дрібнодисперсними зародками пшениці можна судити по зміні властивостей клейковини під час відлежування (табл.1).

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що через 1,5 год відлежування тіста зі збільшенням дозування зародків пшениці від 1 до 10 % різко погіршуються властивості клейковини: зменшується її пружність зі 135 до 148 од. пр. ІДК, помітно зростають гідратаційна здатність на (5...10) % та розтяжність на (6...20) %. Погіршення властивостей клейковини зумовлено послабленням третинної структури білкових молекул під дією власних протеолітичних ферментів борошна, а також протеолітичних ферментів пшеничного зародка. Зменшення виходу сухої клейковини відбувається за рахунок втрати сухих речовин унаслідок протікання протеолітичних процесів у тісті.

Аналогічна тенденція спостерігається й для зразків борошна пшеничного озонованого, проте, в меншій мірі. Це обумовлено зменшенням доступності білків клейковини дії протеолітичних ферментів внаслідок окиснювальної дії озону.

Доцільність сумісного використання борошна пшеничного озонованого та дрібнодисперсних зародків пшениці найбільш об'єктивно можна підтвердити результатами пробних лабораторних випікань.

Встановлено, що зі збільшенням дозування дрібнодисперсних зародків пшениці тривалість бродіння тіста необхідно зменшувати на (30...50) хв щодо контрольного зразка. Це дозволяє інтенсифікувати процес приготування хліба.

Досліджували вплив дозування дрібнодисперсних зародків пшениці на органолептичні показники якості хліба. Дослідження показали, що внесення дрібнодисперсних зародків пшениці в кількості 1 % до маси борошна не впливає на органолептичні показники якості хлібобулочних виробів (табл. 2). Зі збільшенням дозування зародків пшениці до 5 % у хліба з'являється ледь відчутний солодкий смак та аромат виробів, який стає яскраво вираженим при збільшенні дозування сировини до 10 % до маси пшеничного борошна. Використання 10 % призводить до отримання виробів з незадовільними споживними властивостями.

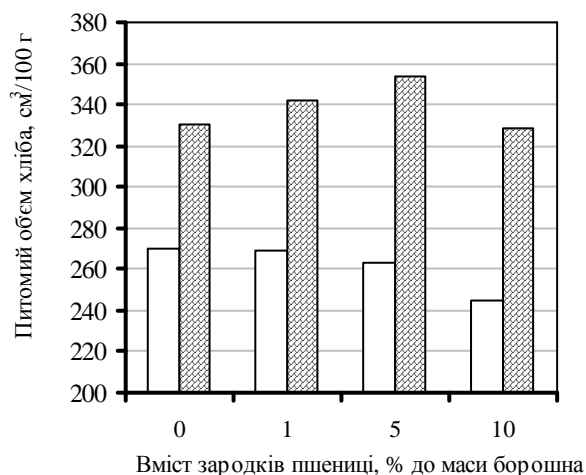
Таблиця 2 – Органолептична оцінка якості хліба з борошна пшеничного озонованого та дрібнодисперсних зародків пшениці

Показник якості	Контроль (борошно пшеничне озоноване)	Хліб з борошна пшеничного озонованого з додаванням дрібнодисперсних зародків пшениці, % до маси борошна			
		0	1	5	10
Смак	Властивий хлібу			Ледве відчутний солодкий смак	Яскраво виражений солодкий смак
Запах	Яскраво виражений хлібний аромат, без сторонніх запахів			Виражений хлібний аромат, ледь відчутний без сторонніх запахів	Яскраво виражений аромат добавки
Форма	Правильна, відповідає формі, в якій проводилося випікання				
Колір скоринки	Золотаво-жовтий		Золотаво-коричневий		
Стан м'якушки	М'яка, суха				
Характер пористості	Рівномірна, ажурна		Більш еластична м'якушка, рівномірна, ажурна		Менш еластична м'якушка, нерівномірна, товстостінна
Стан поверхні	Гладка, без підривів				З підривами і тріщинами на скоринці

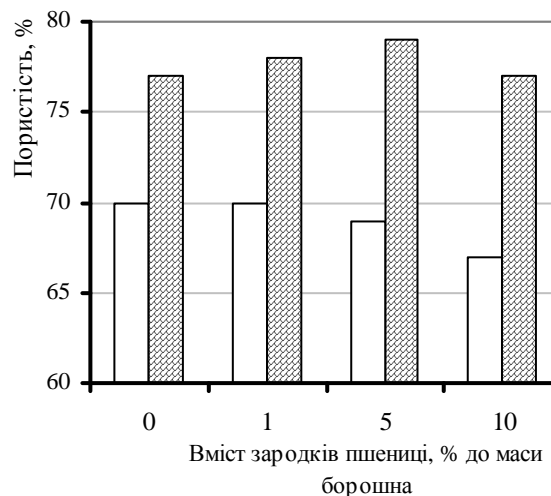
Позитивний вплив використання борошна пшеничного озонованого сумісно з дрібнодисперсними зародками пшениці підтверджується також результатами досліджень фізико-хімічних властивостей хліба. Кислотність хліба збільшується зі збільшенням дозування дрібнодисперсних зародків на (0,2...1,3) град. відносно контрольного зразка, що є позитивним при виробництві хліба за прискореною технологією. Вологість виробів не змінюється.

Питомий об'єм хліба з борошна пшеничного не обробленого зменшується зі збільшенням дозування пшеничних зародків, тоді як питомий об'єм хліба з борошна пшеничного озонованого при додаванні (1...5) % дрібнодисперсних зародків пшениці збільшується з 330 см³/100 г до (342...354) см³/100 г, а при

збільшенні дозування до 10 % відповідає об'єму контрольного зразка (рис. 1). Аналогічна тенденція спостерігається для пористості хлібобулочних виробів (рис. 2).



□ борошно пшеничне не оброблене (контроль)



▨ борошно пшеничне озоноване

Рис. 1 – Питомий об'єм хліба з борошна з використанням дрібнодисперсних зародків пшениці

Рис. 2 – Пористість хліба з використанням дрібнодисперсних зародків пшениці

З використанням методів математичного моделювання уточнено оптимальне дозування дрібнодисперсних зародків пшениці та режими виробництва хліба з борошна пшеничного озонованого. Критерієм оптимізації обрано питомий об'єм хліба. Встановлено, що оптимальними параметрами приготування тіста з борошна пшеничного озонованого та дрібнодисперсних зародків пшениці є: дозування зародків пшениці – (7,0...8,0) % до маси борошна, тривалість замішування тіста – (12...15) хв, тривалість бродіння – (120...150) хв.

Висновки

Таким чином, нашими дослідженнями показано ефективність сумісного використання борошна пшеничного озонованого та дрібнодисперсних зародків пшениці в технології хліба оздоровчого призначення. Встановлено, що оброблення «слабкого» пшеничного борошна озоно-повітряною сумішшю дозволяє поліпшити показники якості клейковини та отримати хлібобулочні вироби високої якості. Показано, що для збагачення хлібобулочних виробів з борошна пшеничного озонованого доцільно вносити (7...8) % дрібнодисперсних зародків пшениці до маси борошна.

Література

1. Годунова Л.Ю. Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий применением побочных продуктов мукомольного производства [Текст] : Автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Л.Ю. Годунова – К., 1984. – 23 с.
2. Ведерникова И.Е. Биохимическая природа отрицательного влияния зародышей злаков на хлебопекарные свойства пшеничной муки [Текст] : Автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / И.Е. Ведерникова – Харьков, 1954. – 16 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БОРОШНЯНОГО ТІСТА ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Гавриш Т.В., канд. техн. наук, доцент
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка
Камбулова Ю.В., канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій

У статті наведено огляд харчових добавок, які здатні регулювати структурно-механічні властивості тістових мас.

The article provides an overview of nutritional supplements that can regulate the structural and mechanical properties of the dough mass.

Ключові слова: органічні кислоти, клейковина, слабке пшеничне борошно, багатоатомні спирти, солі органічних кислот.

Гідратовані білки клейковини формують пружно-еластичні властивості структури тіста під час тістоутворення, крохмаль сприяє проявленню властивостей пластичності м'якушки в ході термічної обробки заготівлі [1]. Тому процес регулювання структурно-механічних властивостей тіста можна розглядати насамперед як модифікування нативних властивостей білків борошна.

Функціонально-технологічні властивості білкових речовин значною мірою зумовлені амінокислотним складом, специфікою структуроутворення та їх фізико-хімічними властивостями. Білки – це амфотерні поліелектроліти з певною буферністю розчинів. Тому значення рН середовища, в якому знаходиться білок, можна вважати одним з найважливіших факторів їх стійкості, мінливості та специфічності.

Провідне місце серед регуляторів кислотності займають харчові кислоти – оцтова, лимонна, молочна, яблучна, винна, бурштинова. У хімічному відношенні органічні кислоти належать до класу карбонових кислот. Вживання практично всіх цих кислот в Україні, Російській Федерації та країнах Європейської Співдружності дозволено без обмежень. Лише на окремі ізомери цих кислот існують певні кількісні ліміти.

Як регулятори кислотності, консерванти та поліпшувачі борошна використовують натрієві солі органічних кислот – лактат натрію, ацетат натрію, цитрат натрію та ін. [2]. На практиці солі як харчові добавки отримують у ході реакції нейтралізації. Узагальнені відомості щодо характеристики харчових органічних кислот та їх солей, технологічного призначення цих добавок наведено в табл. 1. У хлібопекарському виробництві органічні кислоти та їх солі знаходять широке застосування як самостійні харчові добавки, так і в складі комплексних поліпшувачів.

Широке коло органічних кислот, їх солей пропонують науковці для регулювання мікробіологічних процесів, що відбуваються в тісті та готовому продукті. Доведено, що органічні кислоти позитивно впливають на бродіння тіста та якість хліба (бурштинова, адипінова, лимонна, винна, яблучна, оцтова). При цьому кількість кислот, які вносять у тісто, регламентується смаковим порогом і є значно меншою, ніж та, що здатна затримати бродіння. Оцтову кислоту в кількості 0,1 % до маси борошна використовують у виробництві хліба для підвищення кількості двоокису вуглецю в процесі бродіння тіста, а сумісне використання оцтової та лимонної кислот сприяє зменшенню витрат сухих речовин борошна на бродіння, підвищенню виходу хліба. У хлібопекарській промисловості США застосовують молочну кислоту для інтенсифікації газоутворення.

Лактат кальцію та кальцієвмісні препарати в кількості (0,6...0,7) % до маси борошна не тільки добре впливають на активність бродильної мікрофлори тіста, але й дозволяють поліпшувати пшеничне борошно з короткорваною пружною клейковиною, пластифікувати тісто [3].

Вищевикладене свідчить, що добавки – регулятори кислотності здатні не тільки змінювати протікання мікробіологічних процесів, але й дозволяють поліпшувати реологічні властивості тіста й хліба. Тому другим напрямком їх застосування є регулювання структурно-механічних властивостей тіста та готової продукції.

Таблиця 1 – Технологічне призначення харчових органічних кислот і їх натрієвих солей

Назва кислоти та її солі, індекс	Технологічне призначення	Найменування продуктів, до яких дозволено додавати добавку	Допустима концентрація кислоти, мг/кг
Оцтова E 260	Регулятор кислотності, консервант	Хлібобулочні вироби, мариновані овочі	За НД
Лимонна E 330	Регулятор кислотності, консервант, антиокислювач, комплексоутворювач	Хлібобулочні вироби, цукристи та борошняні кондитерські вироби, безалкогольні напої	2000-6000
Яблучна E 296	Регулятор кислотності, консервант	Хліб, соки, джеми, желе, мармелад	3000
Винна E 334	Регулятор кислотності, синергіст антиоксидантів, комплексоутворювач	Борошняні кондитерські вироби, какао-продукти й шоколадні вироби	5000
Молочна E 270	Регулятор кислотності, консервант	Хлібобулочні вироби, безалкогольні напої, деякі кондитерські вироби	600-1800
Бурштинова E363	Регулятор кислотності	Хлібобулочні вироби, десерти, сухі напої, бульйони	6000
Лактат натрію E 325	Регулятор кислотності та вологості, наповнювач, пластифікатор, синергіст антиокислювача	Хлібні вироби, морозиво, мармелад	6000
Цитрати натрію E331	Сіль-плавитель, емульгатор, регулятор консистенції, диспергатор, комплексоутворювач, біоелемент	Мармелад	6000 або за НД
Ацетат натрію E 262	Сіль-модифікатор	Кондитерські вироби	За НД
Тартрати натрію E335	Стабілізатор, комплексоутворювач, диспергатор	Сир плавлений	2500

Для цього використовують оцтову кислоту (значення рН у межах 3,5...5,0), надмолочну кислоту (0,2...1,0 % до маси борошна), моноіодоцтову кислоту, окисники в комбінації з молочною кислотою (або закваскою). Дослідниками Японії запатентовано комплексний поліпшувач якості хліба, до складу якого входить мевалонова кислота або мевалонолактон.

Здатність лактилату укріплювати клейковину, підвищувати її еластичність приводить до поліпшення структурно-механічних властивостей тіста під час його інтенсивної механічної обробки. Російськими вченими запропоновано використовувати суміш оцтовокислого кальцію та аскорбінової кислоти у співвідношенні (3...5) : (0,1...0,3) у концентрації від 0,15 до 0,25 % до маси борошна.

У США розроблено склад композиції для покращання якості тіста, який містить такі активні компоненти: (60...98) % твердої органічної кислоти та (0,4...4,0) % солі бромоватої кислоти сумісно з органічною кислотою, що використовується [4].

Розповсюдженням засобом підвищення харчової цінності виробів є використання різного борошна з овочевими та фруктовими порошками. Така сировина здатна помітно змінювати особливості протікання тих чи інших процесів у тісті, завдяки яким формується якість продукту в цілому. Тому третім напрямком використання добавок – регуляторів кислотності – є коригування та утримання в рекомендованих межах основних процесів, що протікають у тісті з різної борошняної та рослинної сировини.

Щодо використання натрієвих солей органічних кислот у виробництві хлібобулочних виробів, нами отримано фрагментарні дані про застосування лактату натрію як регулятора кислотності, поліпшувача борошна та хліба. Більш відомо про його можливість якісно змінювати процес драглеутворення в технології мармеладу. Досить широко застосовується в кондитерській промисловості як солі-модифікатор ацетат натрію. Як регулятори кислотності, емульгатори, стабілізатори та комплексоутворювачі використовують одно-, дво- та тризаміщені цитрати у виробництві мармеладу, згущеного молока тощо.

Зіставлення дії різних органічних кислот на властивості клейковини тіста свідчить, що спостерігаються однотипні зміни у стані білкових речовин. Однак, механізм впливу кислотності на реологічні властивості тіста на сьогодні однозначно не встановлено. Деякі науковці вважають, що кислотність впливає на іонізацію біонової групи; інші – позначається на стані сольових сполук і білків. Автори [5] пояснюють можливість регулювання структурно-механічних властивостей хліба додаванням кислот, їх участю у процесах солюбілізації, взаємодії з білками, комплексоутворення з крохмалем та ін. Дія органічних кислот (лимонної, винної) та їх солей як комплексоутворювачів і антиокислювачів або їх синергістів заснована на їх здатності зв'язувати метали з утворенням хелатних сполук, а також з їх здатністю відновлювати антиокислювачі.

Органічні кислоти та їх солі, що за своєю хімічною природою є речовинами, які регулюють значення рН у кислий або лужний бік, відносять за міжнародною цифровою системою INS до різних за призначенням груп. Так, до групи “E200 і далі – консерванти” входять оцтова кислота (E260), ацетат натрію (E262), молочна кислота (E270), яблучна кислота (E296) та ін.; до групи “E300 і далі – антиокислювачі” входять лимонна кислота (E330), цитрат натрію (E331), лактат натрію (E325), бурштинова кислота (E363), винна кислота (E334), тартрат натрію (E335), малат натрію (E350) та ін. У той самий час до групи регуляторів кислотності та розпушувачів (E500 і далі) входять соляна кислота (E507), сірчана кислота (E513), сульфати натрію та калію (E514 і E515 відповідно).

Слід відмітити, що їх класифікація є досить неоднозначною. Це зумовлено, на наш погляд, різноманітним властивостям кислот і солей, технологічним ефектам за їх присутності тощо. На нашу думку, класифікація основних технологічних властивостей харчових органічних кислот і їх солей з урахуванням вищевказаної інформації може бути наступною (рис.1).

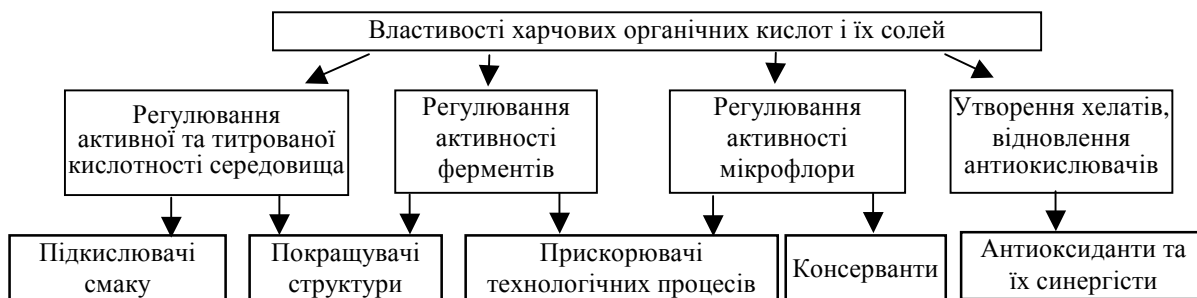


Рис. 1 – Класифікація технологічних властивостей і призначення харчових органічних кислот і їх солей

Таким чином, існує певний досвід практичного використання органічних кислот та їх солей як добавок-поліпшувачів, накопичено наукові дані про їх взаємодію зі складниками борошна та тіста. Але представлені відомості про можливість використання кислот і солей, а також про механізм їх взаємодії з основними сполуками борошна потребують додаткового теоретичного обґрунтування та узагальнення.

Унікальність структурної організації макромолекул клейковинних білків зумовлена різними видами зв'язків, серед яких важливе місце дослідники віддають водневим. Багатоатомні спирти виявляють добру здатність до утворення таких зв'язків, що наводить на думку про можливість їх використання для регулювання структурно-механічних властивостей тістових і кондитерських мас.

Наявність широкого комплексу властивостей багатоатомних спиртів і їх похідних зумовлює основні напрямки технологічного призначення цих харчових добавок (узагальнені дані – в табл. 2, на рис. 2).

Таблиця 2 – Технологічне призначення багатоатомних спиртів та їх похідних

Назва кислоти та її солі, індекс	Технологічне призначення	Найменування продуктів, до яких дозволено додавати добавку	Допустима концентрація
Сорбіт E 420	Підсолоджувач, регулятор вологості, комплексоутворювач, текстуратор, емульгатор, диспергатор, стабілізатор кольору	Десерти, сухі сніданки, кондитерські вироби, джеми, хлібобулочні вироби, жувальна гумка, соуси, гірчиця, безалкогольні напої	Не нормується
Маніт E 421	Підсолоджувач, розділювач, добавка для запобігання злежуванню та грудкоутворенню	Такі самі, як для сорбіту, за винятком безалкогольних напоїв	Не нормується
Гліцерин E 422	Регулятор вологості, наповнювач, згущувач	Кондитерські вироби, джеми, хлібобулочні вироби	До 1 % від маси готового продукту або за НД
Ізомальт E 953	Підсолоджувач, наповнювач, добавка для запобігання злежуванню та грудкоутворенню, глазурувальний агент	Десерти, сухі сніданки, джеми, желе, кондитерські цукристи та хлібобулочні вироби та ін.	За НД
Ксиліт E 967	Підсолоджувач, регулятор вологості, стабілізатор, емульгатор, ущільнювач	Цукристи та борошняні кондитерські вироби	До 40 г на добу
Пропіленгліколь E1520	Водоутримувальний, пом'якшувальний та диспергуючий агент	Кондитерські вироби, джеми, хлібобулочні вироби	За НД

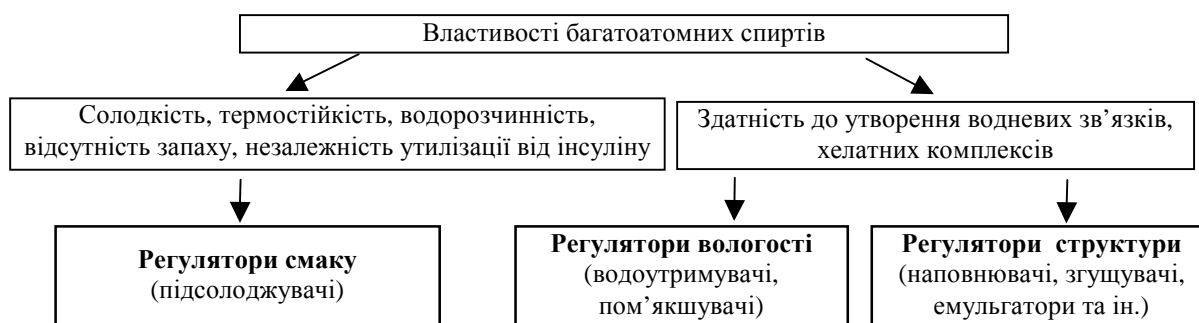


Рис. 2 – Властивості та технологічне призначення багатоатомних спиртів

Гліцерин використовують як засіб проти черствіння хліба, а за сумісного його використання з натрієвими солями органічних кислот відбувається зміцнення драгледоподібних систем на основі згущувачів полісахаридної (агар, агароїд, фуцеларан) та білкової (желатин) природи.

Метою роботи було наукове обґрунтування доцільності та ефективності застосування добавок – регуляторів кислотності сумісно з багатоатомними спиртами у технології хлібобулочних та кондитерських виробів для регулювання властивостей тіста та готових виробів.

Як методи теоретичного дослідження застосовували системний підхід для формування робочої гіпотези щодо можливості поліпшення властивостей борошняної сировини та концептуальної схеми універсального вирішувача системних задач (УВСЗ).

Згідно з таким підходом, при вирішенні будь-якої конкретної системної задачі через абстрагування можна уявити цю задачу у вигляді загальносистемної та застосувати для її вирішення відомий алгоритм із загального пакета УВСЗ (рис.3).



Рис. 3 – Алгоритм вирішення конкретної системної задачі регулювання структурно-механічних властивостей борошняного тіста

Для вирішення конкретної системної задачі слід розглянути її на рівні загальносистемної, базуючись на поглядах про вирішальну роль білкових речовин у комплексі складників борошна, які беруть участь в утворенні просторової структури тіста та його структурно-механічних властивостей.

Відповідно до принципів фізико-хімічної механіки, утворення просторових дисперсних структур у білкових системах слід розглядати протягом часу в процесі розвитку структури на різних рівнях організації макромолекул білка. В біополімерних системах процес утворення нової дисперсійної фази з пересичених розчинів відбувається шляхом контактування часточок, внаслідок чого з'являється нова об'ємна структура з характерними структурно-механічними властивостями. Для виникнення міцної структури необхідна певна концентрація фазових часточок у системі. Тобто, для отримання оптимальної структури білкового каркаса необхідні, по-перше, накопичення в тісті відносно високої кількості дисоційованих структур макромолекули; по-друге, створення умов для пересичення системи (для зменшення розчинності білка).

Таким чином, рішенням загальносистемної задачі може бути свідоме здійснення процесу зворотного перетворення структури білка, яке залежить від двох факторів. Слід забезпечити перехід білка в більш рухливий диспергований стан, а також вжити заходи щодо агрегування білка з новою поліпшеною структурою порівняно з нативною.

Потужним фактором зміни просторової структури білкових макромолекул є величина рН середовища. Коли в галузі почав розвиватися напрямок скорочення періоду тістоприготування, водночас проводили дослідження щодо підкислення виробничих середовищ. Дослідженнями [6] встановлено, що ді- та трикарбонатні кислоти позитивно впливають на фізичні властивості тіста. При цьому в межах допустимих норм кислотності пшеничного хліба дія різних кислот на стан білків клейковини є однотипною: значно знижується вихід сухої та сирової клейковини. Це відбувається внаслідок пептизації клейковини розчинами кислот і через зниження її гідратаційної здатності. Але пептизація, яку зазнає білок, є зворотною; при зниженні кислотності та відповідній зміні рН білок здатен переосаджуватися з кислих пептизатів.

На вищевказаних закономірностях базується спосіб поліпшення хліба з використанням CO_2 . За цим способом бажана пептизація клейковини відбувається під дією вуглекислоти, а умови для переосадження білка створюють шляхом її видалення. Уявлення про сутність перетворень білка клейковини під впливом CO_2 допомагають також пояснити загальновизнаний факт поліпшення властивостей білка в тісті та якості хліба під дією ферментів амілолітичного комплексу, що інтенсифікують утворення діоксиду вуглецю під час тісто-ведення.

Агрегаційна рівновага макромолекул білка, що знаходяться в найбільш розгорнутому стані, є надзвичайно нестійкою [7]. Такі макромолекули виявляють високу здатність до агрегації. Агрегування починається не тільки внаслідок зсуву рН, але й за наявності (або утворення) в середовищі різних солей з буферними властивостями. Вітчизняними науковцями доведено, що в присутності кислих буферних розчинів разом зі зростанням у середовищі водорозчинного азоту збільшується набухання клейковини. Через збільшення виходу з тіста сирової та сухої клейковини припускають, що буферні розчини у межах рН, притаманних процесу хлібопечення, сприяють більш повному формуванню клейковини з білка борошна.

Наведені приклади рішення загальносистемної задачі дозволяють висунути гіпотезу щодо нового рішення конкретної системної задачі та доцільності використання тих чи інших добавок.

На наш погляд, для зміни нативної конформації білкових речовин борошна можна рекомендувати введення добавок-регуляторів кислотності, а саме органічних кислот (які зміщують значення рН середовища в кислий бік) та їх натрієвих солей (які зміщують значення рН середовища в лужний бік), залежно від бажаного напрямку регулювання структурно-механічних властивостей тіста (консистенція якого може бути як надмірно слабкою, так і надмірно пружною) на основі різного борошна (пшеничного, тритикалевого, соргового, ячмінного).

Відомо, що контакти між часточками для відновлення структури можуть здійснюватись за рахунок утворення водневих зв'язків, тому для відновлення структури доцільно використовувати багатоатомні спирти, які виявляють добру здатність до утворення водневих зв'язків.

Висновки

Враховуючи обмеженість асортименту вітчизняних борошняних продуктів, нечисленність даних щодо теоретичних аспектів формування структури тіста на основі різної борошняної сировини, дискусійність питання про можливий механізм покращувальної дії добавок-регуляторів кислотності, розроблено та реалізовано наукову концепцію: раціональне використання нетрадиційної для хлібопекарської та кондитерської галузей сировини (ячмінного, соргового, тритикалевого борошна), а також пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями можливе за рахунок застосування органічної кислоти (або її натрієвої солі) сумісно з багатоатомним спиртом, що призводить до модифікації нативної конформації білкових макромолекул, до цілеспрямованої зміни структурно-механічних властивостей тістових мас і дозволяє управляти якістю борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів.

Література

1. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста. – М.: Пищ.пром–сть, 1976. – 244 с.
2. Никифорова Т.А. Применение молочной кислоты / Никифорова Т.А., Евлева В.В., Бочкова А.П. // Пищевая промышленность. – 1999. – № 1. – С. 30–31.
3. Евлева В.В. Использование лактата кальция в хлебобулочных изделиях / Евлева В.В., Черпалова Т.М., Кострова И.Е. // Хлебопечение России. – 1998. – № 4. – С. 19–20.
4. Белявская И. Оценка эффективности различных хлебопекарных улучшителей / Белявская И., Матвеева И. // Хлебопродукты. – 1996. – № 12. – С.12–16.
5. Бакулина О.Н. Лактилат – улучшитель для мучных изделий / Бакулина О.Н., Диденко В.М. // Пищевая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 70–71.
6. Казанская Л.М. Влияние некоторых органических кислот на физические свойства теста и качество пшеничного хлеба / Казанская Л.М., Логинова И.М., Левандо Л.К. // Труды ВНИИХПа. – 1971. – Вып. XII. – С. 66-71.
7. Lasztity R. Resent results in the investigation of the structure of the gluten complex // Nahrung. – 1986. – 30. – 3–4. – P. 225–239.

УДК 664.746.6

ВПЛИВ ПРОГРІВАННЯ ЖИТНЬОГО БОРОШНА НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

**Махинько В.М., канд. техн. наук., доцент, Козир О.М., магістр
Національний університет харчових технологій, м. Київ**

Досліджується вплив основних складників житнього борошна (білків та вуглеводів) на процес утворення пшеничної клейковини та якість тіста і готових житньо-пшеничних виробів. Вивчено ефективність прогрівання житнього борошна як способу поліпшення реологічних властивостей тіста.

We investigate the basic constituents of rye flour (protein and carbohydrates) to the formation process of wheat gluten, quality of dough and bakery goods. Efficiency of warming up of rye-flour as method of improvement the rheological properties is studied.

Ключові слова: житнє борошно, прогрівання, пентозани, клейковина.

Механізм утворення клейковини досліджується тривалий час. Починаючи з часів Осборна (1920-ті роки) і по сьогоднішній день вчені намагаються пояснити цей процес різними теоріями. На даний момент для пояснення цього явища науковці спираються на теорію Вакара [1].

Проведений огляд літератури показав, що не всі науковці підтримують думку щодо ролі водорозчинних пентозанів як основного фактора, який заважає відмити клейковину з житнього борошна. На думку В.Л. Кретовича, проблема не в надмірній кількості водорозчинних пентозанів, а у відмінності хімічних і фізичних властивостей білків пшеничного та житнього борошна [2]. Для вирішення цієї проблеми необхідно здійснити заходи щодо усунення одного з факторів.

Здійснити вплив на пентозани досить важко – вони стійкіші до дії зовнішніх чинників, ніж білки. Враховуючи це, було відділено фракцію водорозчинних пентозанів житнього борошна шляхом екстрагування (метод Baker, Parker, Mize) [3] та проведено пробне замішування тіста на цій витяжці. Враховуючи природу слизів, ми мали б відмити меншу кількість клейковини в порівнянні з контролем. Та дослід показав, що кількість та якість відмитої клейковини не змінилися.

Як фактор впливу на білки застосували прогрівання борошна до температури не менше ніж 65 °С. Денатурація білків (і ферментів) повинна змінити поведінку житнього борошна в суміші його з пшеничним (або клейковиною).

Вплив прогрівання житнього борошна на білковий комплекс сухої пшеничної клейковини перевіряли за зміною кількості відмитої клейковини із суміші сухої пшеничної клейковини (СПК) та житнього борошна (нативного і прогрітого) в різних пропорціях. Результати наведені на рис. 1

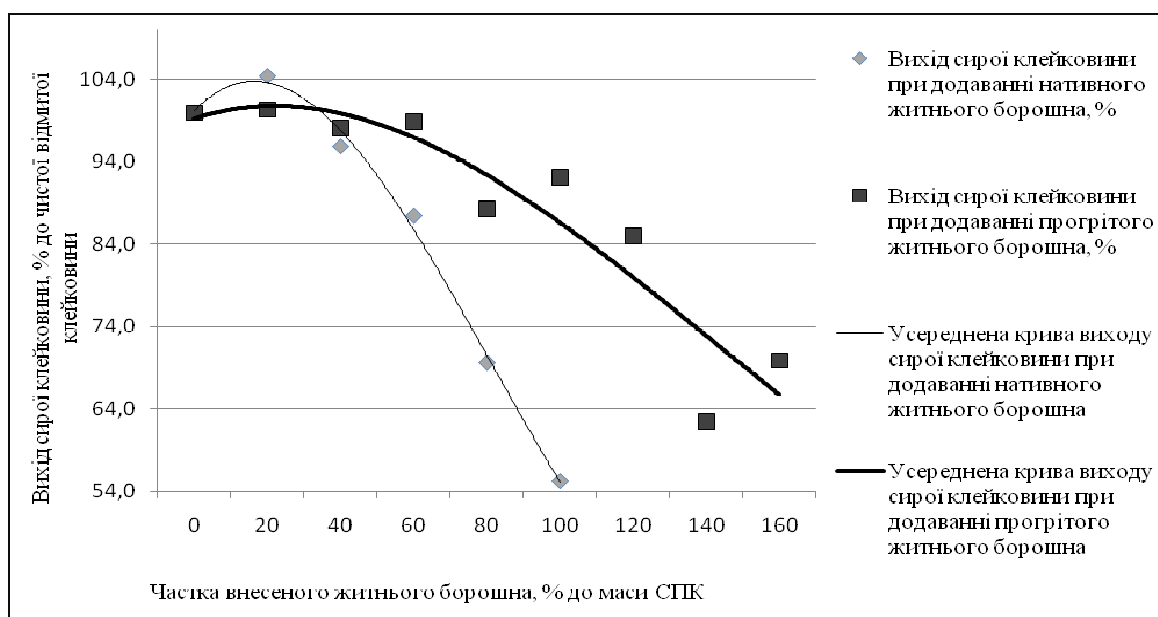


Рис. 1 – Залежність виходу клейковини від дозування нативного та прогрітого житнього борошна

Також можна зробити висновки про те, що прогрівання житнього борошна позитивно впливає на його хлібопекарські властивості. Усереднені криві показують динаміку зміни виходу клейковини. Вихід сирої клейковини при використанні прогрітого житнього борошна як компонента суміші із СПК на противагу нативному збільшується в середньому на 25 %. Таке збільшення виходу неодмінно впливатиме на фізичні властивості продукції, виготовленої з прогрітого борошна. При роботі з сумішшю нативного борошна та СПК визначено співвідношення, при якому значно ускладнюється відмивання клейковини. При дозуванні 80 % житнього борошна клейковину вдається отримати лише шляхом ретельного збирання з обох сторін сита для відмивання.

Для характеристики якості відмитої клейковини використовували показник деформації клейковини ВДК та ВДК 60 (через 60 хв відлежування) (табл. 1).

Таблиця 1 – Якість клейковини із суміші СПК та житнього борошна

Частка внесеного житнього борошна, % до маси СПК	Прогріте			
	ВДК, од. приладу	ВДК60, од. приладу	ВДК, од. приладу	ВДК60, од. приладу
0	72,7	75,2	72,7	75,2
20	66,2	66,9	62,4	69,5
40	63,1	63,4	68,2	66,5
60	60,7	57,0	65,5	67,0
80	58,3	60,0	64,1	66,5
100	58,6	58,3	59,0	65,5
120	–	–	61,7	64,8
140	–	–	61,1	67,9
160	–	–	65,9	68,0

Дані таблиці дають змогу стверджувати про несуттєві зміни якості клейковини за годину відлежування. Розходження в досліді не перевищує 10 одиниць, що свідчить лише про частковий протеоліз та релаксацію клейковинних білків за цей період.

Вплив прогрівання на вуглеводно-амілазний та білково-протеїназний комплекс житнього борошна досліджували за перебігом біохімічних процесів, що відбуваються у тісті, замішаному із суміші житнього (прогрітого та нативного) і пшеничного борошна. Для цього визначено газоутворювальну здатність борошна, газоутримувальну здатність тіста, розпливання кульки тіста та показник формостійкості подового хліба.

Відомо, що згідно зі стандартом газоутворювальна здатність житнього борошна не визначається. Але в процесі прогрівання борошна відбуваються зміни його хлібопекарських властивостей, що викликає інтерес до проведення такого дослідю. Результати наведені на рис. 2 та 3.

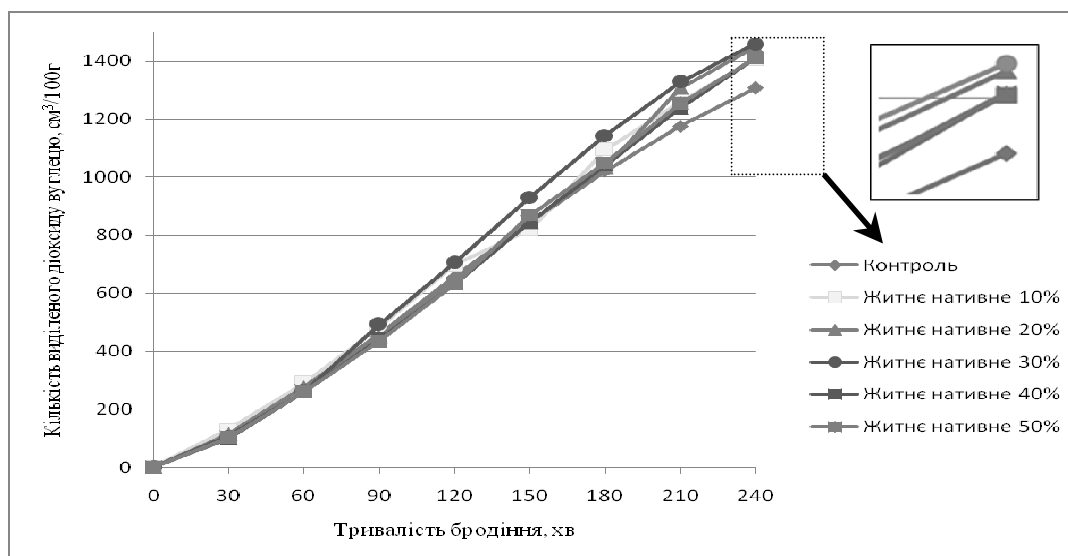


Рис. 2 – Газоутворювальна здатність суміші з житнім нативним борошном

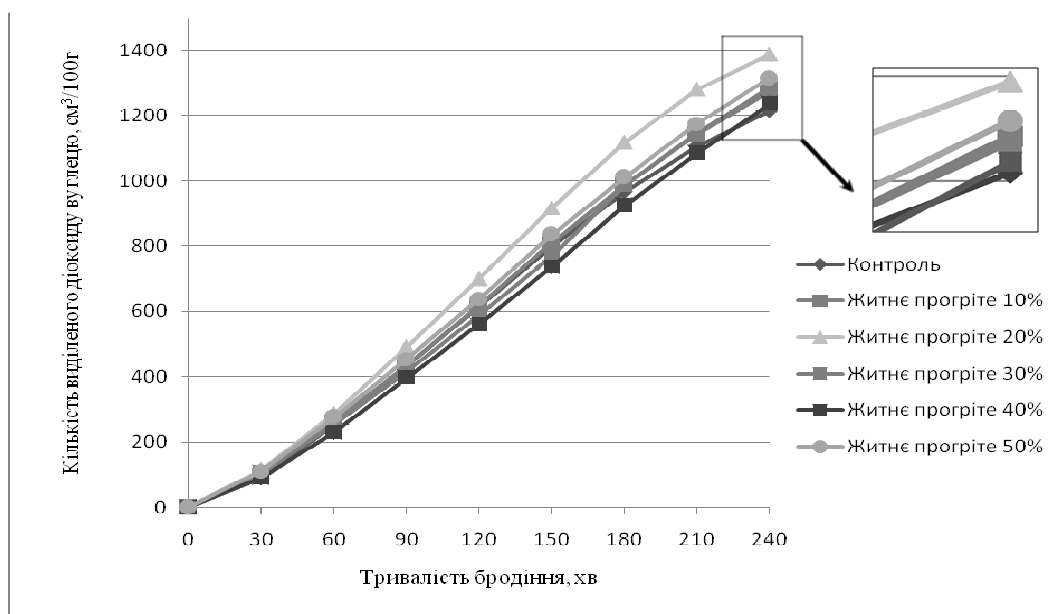


Рис. 3 – Газоутворювальна здатність суміші з житнім прогрітим борошном

Газоутворювальна здатність сумішей з додаванням прогрітого житнього борошна (1200-1400 см³/100 г) дещо нижча, ніж сумішей з додаванням нативного (1300-1450 см³/100 г). Можна зробити припущення, що після прогрівання житнього борошна, у тісті, замішаному з його додаванням, зменшується накопичення цукрів. Це може бути зумовлене інактивацією β-амілази у ході прогрівання. Як наслідок цього, було відмічено меншу забарвленість скоринки хліба, випеченого з додаванням прогрітого житнього борошна.

Хоча α-амілаза є термостабільним ферментом, для підтвердження її активності у прогрітому борошні проведено визначення числа падіння на приладі ПЧП-3. Встановлено, що даний показник для нативного борошна (268 с) на 20 % вище, ніж у прогрітого (215 с).

Це свідчить про те, що активність α-амілази в прогрітому житньому борошні вища, ніж у нативному. Напевне, це спричинено більшою піддатливістю крохмалю до гідролізу після термічного оброблення борошна.

Для характеристики структурно-механічних властивостей тіста визначено розпливання кульки тіста (рис. 4 та 5)

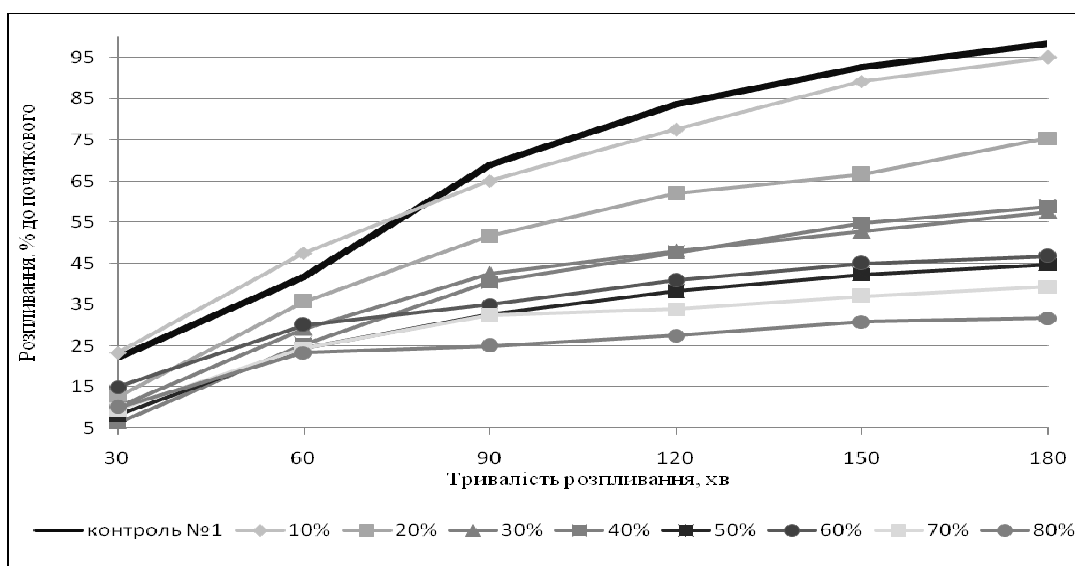


Рис. 4 – Динаміка розпливання тіста, замішаного з додаванням житнього нативного борошна

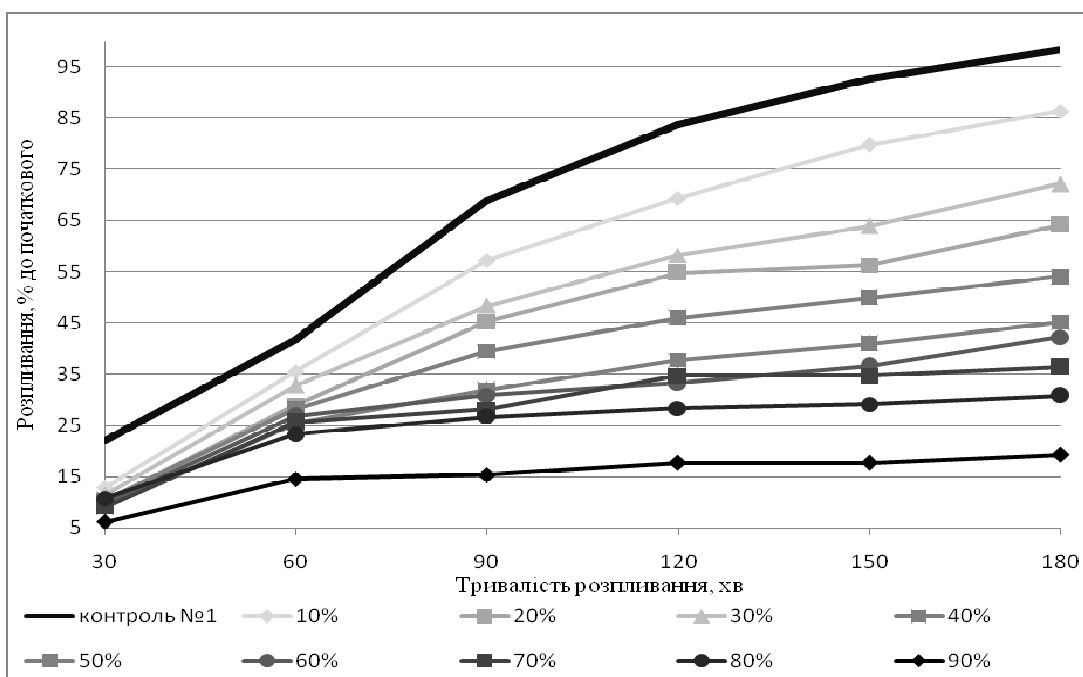


Рис. 5 – Динаміка розпливання тіста, замішаного з додаванням житнього прогрітого борошна

Зробивши аналіз графіків розпливання, можна зробити висновок, що прогрівання борошна не змінює даного показника.

Показник газотримання безпосередньо корелює з показником формостійкості. Відношення висоти до усередненого діаметра є непрямим показником «сили» борошна. Знаючи цей показник для житньо-пшеничного хліба, можна зробити припущення про співвідношення житнього і пшеничного борошна. Відомо, що при збільшенні частки житнього борошна з 10 до 50 % зростає розпливання тістової заготовки і зменшується показник формостійкості. Використовуючи термооброблене житнє борошно, вдається підвищити цей показник. Результати дослідів наведені на рис. 6. Штрих-пунктирною лінією вказаний показник формостійкості контрольного зразка. Як бачимо, використовуючи попереднє прогрівання житнього борошна, вдається покращити показник формостійкості виробів на (20-25) %.

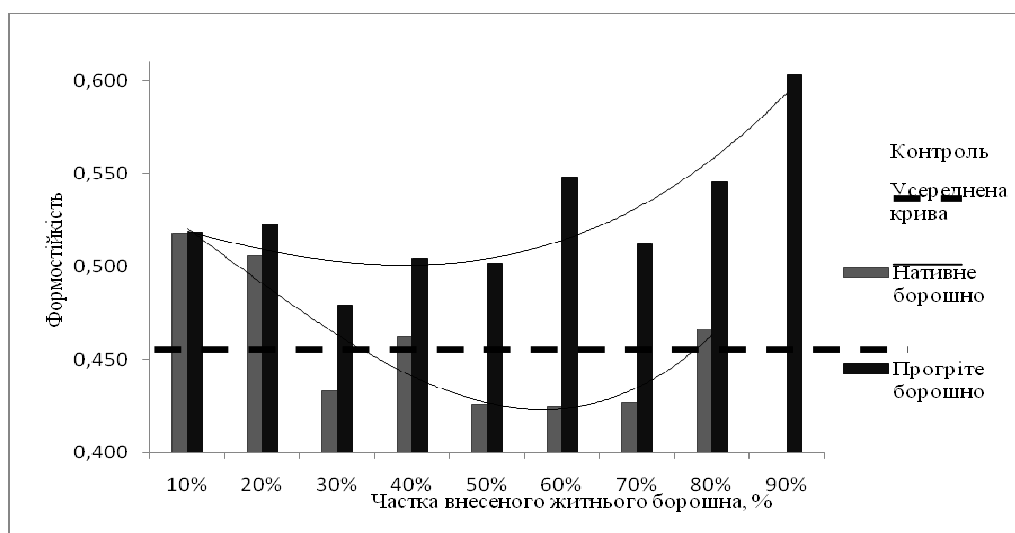


Рис. 6 – Формостійкість подових виробів

Для характеристики впливу прогрівання на якість хлібобулочних виробів визначено їх пористість (рис. 7), яка є непрямим комплексним показником газотримувальної та газотворювальної здатності. Тому попередні дані узгоджуються з отриманими результатами вимірювання пористості виробів.

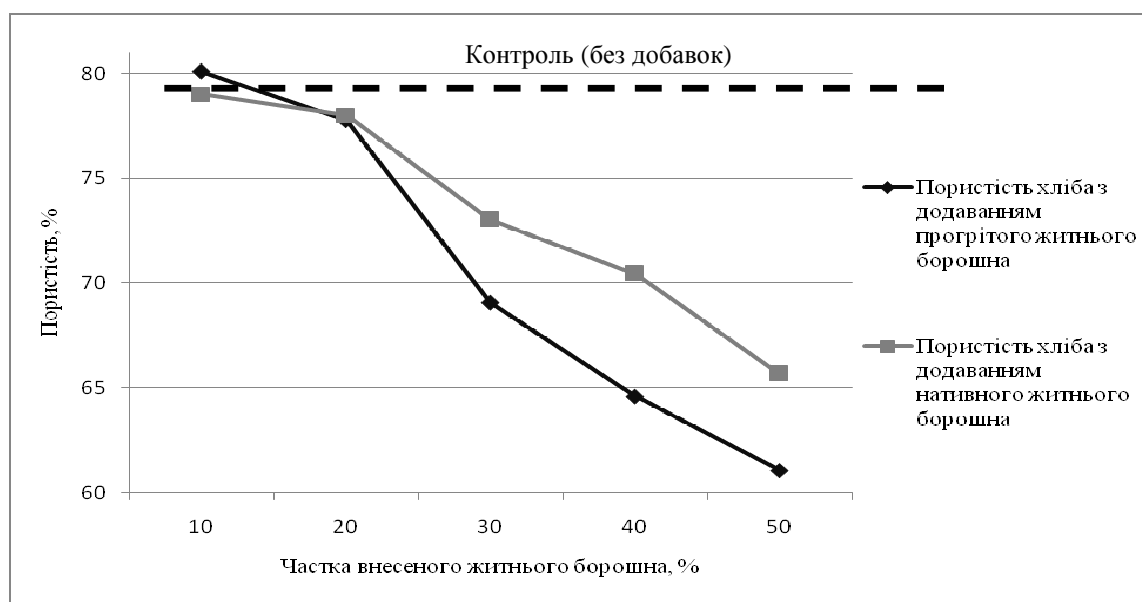


Рис. 7 – Пористість хліба з додаванням житнього борошна

Характеризуючи результат, можна сказати, що при додаванні 10 % житнього прогрітого борошна пористість є найвищою і дорівнює контролю. Подальше збільшення дозування зменшує пористість, як для випадку з прогрітим, так і при додаванні нативного борошна. Менша пористість хліба, що містить 30 % і більше прогрітого житнього борошна, пояснюється аналогічно меншій газотримувальній здатності тіста з такого борошна.

Висновки

Результати досліджень підтверджують припущення, висловлені проф. Кретовичем В. Л., про відмінність білкового складовника житнього та пшеничного борошна. Впливаючи на білковий складник попереднім прогріванням житнього борошна, вдалося покращити його хлібопекарські властивості. Це обумовлено денатурацією водорозчинної фракції білків житнього борошна. Визначено вплив прогрівання житнього борошна на його газотворювальну та газотримувальну здатність, а також на вихід та якість клейковини. Показано, що прогрівання житнього борошна покращує показник формостійкості подових виробів, у зв'язку з чим ця операція рекомендована для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба.

Література

1. Вакар А. Б. Клейковина пшеницы. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 252 с.
2. Техническая биохимия / Под ред. В. Л. Кретовича. – М., Высш. шк., 1973. – 456 с.
3. Кретович В. Л., Петрова И. С. Исследование слизи ржаного зерна // Биохимия. – М., 1947. – Т. 12. – Вып. 2. – С. 97.

УДК 664.563.8

ЗАКВАСКИ СПОНТАННОГО БРОДІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬОГО ХЛІБА

Пшенишнюк Г.Ф., канд. техн. наук, доцент, Павловський С.М., канд. техн. наук, доцент,
Ковпак Ю.С., магістрант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У даній статті подано технологію виробництва житньо-пшеничного хліба з використанням житніх заквасок спонтанного бродіння, а також досліджено вплив вологості та температури бродіння на кінетику кислотонакопичення та підйомну силу закваски спонтанного бродіння. Визначено вплив заквасок спонтанного бродіння та вплив тривалості зберігання закваски при низьких температурах на якість готових виробів.

In this article presented technology of production of rye-wheat bread with the use of rye ferments of spontaneous fermentation, and also influence of humidity and temperature of fermentation is investigational on kinetics of kislotonakopleniya and carrying capacity of ferment of spontaneous fermentation. Influence of ferments of spontaneous fermentation is certain on duration of storage of ferment at low temperatures and on quality of the finished products.

Ключові слова: житні закваски, борошно, спонтанне бродіння

Сучасні умови виробництва, в тому числі робота в дискретному режимі виробництва хліба на малих підприємствах, які не оснащені висококваліфікованою технологічною службою та інші фактори викликають необхідність розробки та впровадження прогресивних маловідходних та ресурсозберігальних технологій; нових біотехнологічних процесів, що дозволяють інтенсифікувати виробництво.

Одна з головних тенденцій розвитку хлібопечення останнім часом пов'язана з розробкою і практичною реалізацією прискорених способів приготування хліба, які дозволяють виробництво хліба в умовах підприємств з дискретним виробничим циклом і малою продуктивністю. Для хліба з житньої і суміші житнього та пшеничного борошна, приготування якого засноване на використанні безперервно поновлювальної фази – закваски, але використання закваски пов'язане з рядом труднощів.

Для вирішення цієї проблеми останнім часом застосовуються як сухі закваски на основі чистих культур молочнокислих бактерій і дріжджів, так і підкислювачі, в основі рецептурного складу яких лежать органічні кислоти.

Найбільш доцільним способом виробництва хліба з житнього і суміші житнього і пшеничного борошна в умовах підприємств малої потужності є використання підкислювальних добавок сипкої консистенції, але вони містять у своєму складі органічні кислоти, що негативно позначається на смакових якостях хліба.

У разі відсутності чистих культур молочнокислих бактерій, закваски можна вивести спонтанним зброджуванням, при якому заквашування здійснюється мікрофлорою, внесеною з борошном.

Готують закваску з борошна і води, залишають її для закисання при температурі (25-30) °С до кислотності (12-14) град. Після цього закваску оновлюють шляхом додавання еквівалентної кількості поживної суміші з борошна і води і знову заквашують до (12-14) град.

Для накопичення мікрофлори, оптимальної для отримання хліба високої якості, потрібне багаторазове оновлення закваски для того, щоб у ній встановилася активна мікрофлора, яка пристосувалася б до умов даного виробництва [2, 3].

Для густих заквасок спонтанного бродіння характерним є склад бактеріальної і дріжджової мікрофлори, представлений в табл. 1.

Таблиця 1 – Бактеріальна і дріжджова мікрофлора густих житніх заквасок спонтанного бродіння кислотністю 14 град.

Видовий склад лактобацил, %					Видовий склад дріжджів, %	
L.plantarum	L.brevis	L.fermenti	L.casei	L.buchneri	S.minor	S.cerevisiae
40	56	2	1,5	0,5	94-95	5-6

Гомоферментативні молочнокислі бактерії (*Lactobacillus plantarum*) утворюють до 88 % молочної кислоти і 7,5 % летких кислот. Здатності до газоутворення ці бактерії не мають. У заквасці і в тісті вони відіграють роль тільки кислотоутворювачів.

Гетероферментативні молочнокислі бактерії (*Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus brevis*) утворюють до 72 % молочної кислоти і 21 % летких кислот (в основному оцтову), газ (в основному діоксид вуглецю) і незначну кількість спирту. Ці бактерії в заквасках і тісті є не лише кислотоутворювачами, але й енергійними газоутворювачами житнього тіста. Основну кількість оцтової кислоти заквасок і тіста утворюють саме ці бактерії [4].

Молочна кислота надає житньому хлібу приємного кислуватого смаку, а леткі кислоти – специфічний аромат. Окрім летких кислот, певний вплив на аромат хліба мають органічні ди – і трикарбонові кислоти, карбонільні з'єднання, такі як альдегіди, оксиметилфурфурол, ацетоїн, діоксиацетон, фурфурол. В утворенні багатьох з перерахованих речовин беруть участь як молочнокислі бактерії, так і заквасочні дріжджі.

Дріжджі *S.minor* в основному виконують роль розпушувачів тіста, за рахунок утворення діоксиду вуглецю, впливаючи на об'єм готового хліба і пористість м'якушки. У процесі бродіння разом з головними продуктами (етанолом і діоксидом вуглецю) утворюються побічні: оцтовий альдегід, спирти, органічні кислоти і інші речовини, що надають хлібу особливого смаку і аромату.

Дріжджі *S. cerevisiae* у великих концентраціях, окрім діоксиду вуглецю і спирту утворюють також ефіри, включаючи етилацетат, етилпропіонат, етиллактат і інші, що надають хлібу специфічного смаку і аромату.

Зміна параметрів середовища (температури і вологості) дозволяє контролювати розвиток бажаних мікроорганізмів і, отже, якість закваски [5,6]. Так, підвищення температури до 35 °С стимулює розвиток молочнокислих бактерій, але призводить до пригнічення дріжджової мікрофлори. Зниження температури закваски до (28-30) °С, навпаки, підвищує бродильну активність дріжджів, але уповільнює процес наростання кислотності.

Збільшення вологості закваски до 75 % знижує інтенсивність кислотонакопичення в результаті дефіциту поживних речовин для молочнокислих бактерій і дріжджів. Дріжджі *S. cerevisiae* в таких заквасках розвиваються добре, оскільки для них сприятлива невисока кислотність середовища, а також визначена консистенція закваски. У густих заквасках молочнокислі бактерії розвиваються інтенсивніше, ніж дріжджі.

Метою роботи була розробка технології житньо-пшеничного хліба з використанням житніх заквасок спонтанного бродіння. За базову була взята рецептура хліба столичного [1].

Згідно з поставленою метою визначена необхідність розв'язання таких задач:

- дослідити вплив вологості та температури бродіння на кінетику кислотонакопичення та підйомну силу закваски спонтанного бродіння;
- визначити вплив заквасок спонтанного бродіння на якість готових виробів;
- виявити вплив тривалості зберігання закваски при низьких температурах на якість готових виробів.

Для дослідження впливу вологості та температури бродіння на кислотність та підйомну силу житніх заквасок були вибрані закваски вологістю 49 та 70 % з температурою бродіння – 28, 33 та 38 °С. При дослідженні контролювали показники титрованої кислотності та підйомної сили в процесі бродіння.

Результати дослідження кислотонакопичення представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Кислотонакопичення в житніх заквасках спонтанного бродіння

Тривалість бродіння, год	Вологість закваски, %					
	49			70		
	$t_{\text{бр}}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{бр}}=33\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{бр}}=38\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{бр}}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{бр}}=33\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{бр}}=38\text{ }^{\circ}\text{C}$
Після замісу	3,1	3,1	3,1	1,9	1,9	1,9
8	3,5	3,8	3,9	2,3	2,5	2,7
16	4	4,3	4,8	2,6	2,8	3,2
24	4,8	5	5,6	3,2	3,4	3,8
32	6,5	7	7,7	3,8	4,4	5
40	8,3	9,5	10,3	4,2	5,7	6
48	10,4	12	13	5,3	6,6	7,2
56	12,9	14,2	15,4	6,3	8	8,4
64	-	-	-	8,1	9,2	9,8
72	-	-	-	10	10,4	11

У всіх випадках визначення підйомної сили спливання кульки не відбувалося, що свідчить про низьку бродильну активність заквасок спонтанного бродіння. Тому в ході досліджень проводили ряд відновлень заквасок, щоб у ній встановилася активна мікрофлора. Відновлення проводили після досягнення заквасками необхідної кислотності (для густих – 12 град., для рідких – 9 град.), використовуючи прийняте співвідношення борошна та води.

Контролювався кінцевий показник підйомної сили після кожного відновлення, а також тривалість бродіння до досягнення необхідної кислотності.

Результати дослідження подані в табл. 3-4.

Таблиця 3 – Зміна підйомної сили та тривалості бродіння закваски вологістю 49 % в процесі відновлення

Відновлення	$t_{бр}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$		$t_{бр}=33\text{ }^{\circ}\text{C}$		$t_{бр}=38\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	Тривалість бродіння, год	Підйомна сила, хв	Тривалість бродіння, год	Підйомна сила, хв	Тривалість бродіння, год	Підйомна сила, хв
1	13	37	12	44	11	49
2	13	33	11,5	42	10	47
3	12,5	30	10,5	38	9	44
4	12	28	9	35	8,5	41
5	11	24	8	33	7	38

Таблиця 4 – Зміна підйомної сили та тривалості бродіння закваски вологістю 70 % в процесі відновлення

Відновлення	$t_{бр}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$		$t_{бр}=33\text{ }^{\circ}\text{C}$		$t_{бр}=38\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	Тривалість бродіння, год	Підйомна сила, хв	Тривалість бродіння, год	Підйомна сила, хв	Тривалість бродіння, год	Підйомна сила, хв
1	16	-	14,5	-	13	-
2	16	-	13,5	-	12,5	-
3	15,5	-	12,5	-	11	-
4	14	*	12	-	10	-
5	13	38	11	46	9	49

* – кулька не сплила

Згідно з отриманими результатами, представленими в табл.2, інтенсивність кислотонакопичення зростає зі зменшенням вологості та збільшенням температури бродіння.

З представлених в табл. 3-4 даних видно, що тривалість бродіння закваски скорочується з підвищенням температури і найменшою для закваски, вологістю 49 % та температурі бродіння 38 °С.

Для закваски, вологістю 49 %, показник підйомної сили погіршувався з підвищенням температури і найкращий спостерігався при температурі бродіння 28 °С.

З кожним відновленням тривалість бродіння закваски до заданої кислотності скорочувалася, а показник підйомної сили покращується.

Для дослідження впливу заквасок спонтанного бродіння на якість житньо-пшеничних виробів були використані закваски спонтанного бродіння з різним числом відновлення (без відновлення кислотністю 14,2 град та підйомною силою більше 60 хв, першого відновлення кислотністю 14,3 град та підйомною силою 37 хв, п'ятого відновлення кислотністю 14,2 град та підйомною силою 24 хв).

Для приготування першого зразка з закваскою вносили 25 % борошна, другого – 33 %, третього – 40 %.

Тривалість бродіння тіста складала (60-120) хв при температурі 32 °С.

Після досягнення кислотності 9 град. Тісто ділили на шматки масою 400 г, та направляли їх на вистояння при температурі (32-35) °С протягом (45-50) хв. Тривалість випічки (30-35) хв при температурі 220 °С.

Результати оцінки готових виробів за органолептичними та фізико-хімічними показниками представлені в табл. 5.

З поданих у табл. 5 даних можна зробити висновок, що з кожним відновленням закваски, покращуються якісні показники, виготовлених на ній житньо-пшеничних виробів, а саме – питомий об'єм, формостійкість та пористість

Таблиця 5 – Фізико-хімічні показники якості готових виробів, виготовлених на заквасці без відновлення

Показники	Без відновлення			Першого відновлення			П'ятого відновлення		
	зразок 1	зразок 2	зразок 3	зразок 1	зразок 2	зразок 3	зразок 1	зразок 2	зразок 3
Питомий об'єм, см ³ /г	1,91	1,89	1,77	2,05	2,02	1,97	2,2	2,13	2,1
Вологість, %	45,7	45,9	46,2	45,4	45,6	45,8	45,2	45,8	46
Кислотність, град	6,2	6,9	7,2	6,4	7,2	7,5	6,2	7,0	7,5
Пористість, %	62	61	60	63	62	61	66	65	63
Формостійкість	0,33	0,32	0,3	0,35	0,34	0,32	0,37	0,36	0,34
Витрати на упікання, %	13,5	15,7	14,2	15,7	17,2	16	13,5	14,5	14,7
Витрати на усихання, %	2,6	1,8	1,8	4,5	2,9	2,1	2,7	3,2	2,4

Досліджували вплив тривалості зберігання заквасок при температурі (4–5) °С на якісні показники тіста та якість готових виробів. Зміна титрованої кислотності та підйомної сили закваски в процесі зберігання представлені в табл. 6.

Таблиця 6 – Зміна титрованої кислотності та підйомної сили закваски в процесі зберігання при температурі (4-5) °С.

Тривалість зберігання, дів	Кислотність, град	Підйомна сила, хв
0	14,7	24
3	16,6	32
7	17,4	55

Результати оцінки якості готових виробів на житніх заквасках спонтанного бродіння після 7 дів зберігання за фізико-хімічними показниками подані в табл. 7.

Таблиця 7 – Фізико-хімічні показники якості готових виробів, виготовлених на заквасці після 7 дів зберігання

Показники	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Питомий об'єм, см ³ /г	1,86	1,82	1,78
Вологість, %	45,6	45,8	46,2
Кислотність, град	6,2	6,9	7,4
Пористість, %	62	61	60
Формостійкість	0,32	0,31	0,3
Витрати на упікання, %	14,5	15,2	14,7
Витрати на усихання, %	1,8	1,6	2,4

З поданих даних можна зробити висновок, що в процесі зберігання при температурі (4–5) °С кислотонакопичення закваски не припиняється, але значно уповільнюється. При цьому погіршується показник підйомної сили.

Висновки

Найкращі якісні показники як тіста, так і готових виробів були отримані при використанні житньої закваски після п'ятого відновлення.

Використання житніх заквасок спонтанного бродіння з тривалістю зберігання до 7 дів при температурі (4–5) °С дозволяє отримувати готові вироби з досить високими фізико-хімічними показниками.

Література

1. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: Руслана, 1998. – 410 с.
2. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002.–365с.
3. Сарычев Б. Технология и биохимия ржаного хлеба [Текст] // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2010 – № 9. – С. 5-7

4. Кусова И.У. Закваски при производстве ржаного хлеба [Текст] / И.У. Кусова, И.С. Легков // Кондитерское и хлебопекарное производство.–2009.– № 9. – С. 24-26
5. Беянина Н.Д. Разработка технологии применения побочных пищевых продуктов при производстве хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки [Текст]: дис. канд. техн. наук. – Москва, 1984.– 263 с.
6. Влияние чистых культур заквасочных микроорганизмов на формирование вкуса и аромата ржаного заварного хлеба [Текст] / Л.И. Кузнецова, О.В.Афанасьева, Е.Н. Павловская и др. // Хлебопечение России. – 2008. – №6. – С. 24-25

УДК 664.6/7

ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ БІЛКІВ БОРОШНА З ЗЕРНА, ПІДДАНОГО НА СТАДІЇ ВОДНО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ДІЇ АКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ В УМОВАХ ЗНИЖЕНОГО ТИСКУ

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Разборська О.О., аспірант,
Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. Петра Василенка

У статті приведені результати досліджень клейковинних білків пшеничного борошна, зокрема показник агрегації, після обробки зерна пшениці акустичними хвилями широкого діапазону в умовах розрізженого середовища. Вивчені результати пробної лабораторної випічки борошна після імпульсної обробки зерна пшениці при встановлених параметрах ВТО.

The results of the studies of the gluten's proteins of the wheat flour, in particular the index of the aggregation, after the treatment by a wide range of acoustic waves at low pressure are resulted in the report. We studied the results of trial laboratory baking of the flour after the pulsing treatment of the wheat grain at the positioned arguments of the WTT.

Ключові слова: водно-теплова обробка, зерно пшениці, борошно, агрегація білків, пробна лабораторна випічка.

Пшениця є однією з найважливіших зернових культур в Україні і відіграє для нашої держави роль стратегічної сировини. Вона займає значну частину в загальному обсязі не тільки зернових, але й інших сільськогосподарських культур, що вирощують у нашій країні. Тому ефективно використання технологічного потенціалу даного виду сировини для України має особливо важливе значення.

Зерно пшениці є важливим сировинним ресурсом у технологіях борошномельної, круп'яної та комбікормової галузей. Технології цих галузей удосконалюються здебільшого за рахунок змін конструкції технологічного обладнання з метою удосконалення способів обробки, підвищення ефективності, економічності та технологічності процесів переробки. При цьому, кожен технологічний процес принципово не змінюється, а залишається традиційним для окремих технологій.

Борошномельна галузь як така, що забезпечує сировиною багато харчових виробництв і має значний вклад в забезпеченні харчування населення України, відіграє важливу роль у переробній галузі нашої держави. Важливими проблемами борошномельної галузі є раціональне використання ресурсів, у тому числі сировинних, енергетичних та виробничих площ, економічна доцільність застосування того чи іншого способу ВТО, забезпечення можливості регулювання і досягнення оптимальних технологічних властивостей у процесі ВТО при будь-яких вихідних характеристиках зерна тощо.

Як відомо, зерно являє собою складне тіло, що складається з природних високополімерів, основними з яких є білки та вуглеводи (крохмаль, клітковина тощо). При кондиціонуванні в ньому проходить комплекс фізико-механічних та біохімічних явищ, які пов'язані з колоїдними змінами у структурі зерна і обумовлені його анізотропністю. Головним завданням важливої підготовчої стадії водно-теплової обробки (ВТО) є комплексне вирішення питання оптимізації технологічних властивостей зерна перед помелом та прискорення процесу кондиціонування. Ефективність проведення даної стадії досить суттєво впливає як в цілому на роботу борошномельного підприємства, так і на кількісні та якісні показники продуктів помелу.

Нами розроблено спосіб, який дозволяє скоротити тривалість стадії ВТО від 18...24 годин до кількох хвилин. Обробка зерна здійснюється у пневмоімпульсній установці за допомогою акустичних хвиль широкого діапазону в умовах розрідженого середовища [1].

Використання цього способу підготовки зерна пшениці до сортового помелу дозволяє за рахунок значного скорочення часу ВТО виключити з виробничого процесу застосування бункерів великого об'єму для відволоження, що дозволяє зменшити виробничі площі під виробництво борошна та забезпечити поточність технологічної лінії.

Відомо, що режими водно-теплової підготовки зерна пшениці до помелу суттєво впливають на вихід та якість продуктів помелу, в першу чергу борошна, та в подальшому – на якість пшеничного хліба. На наш погляд, застосування акустичних хвиль широкого діапазону в умовах розрідженого середовища з метою прискорення операції ВТО обов'язково потребує уточнення можливих змін функціонально-технологічних властивостей білкових речовин зерна пшениці.

Здатність запасних білків зерна до агрегації є одним із важливих показників, що характеризують реологічні властивості тіста та якість клейковини. Для визначення цієї здатності білка, його спочатку переводять у розчинений стан, а потім за додавання буферного розчину визначають показник агрегації, який характеризує ступінь скаламутнення розчину на одиницю концентрації білка протягом певного часу. Здатність клейковинних білків за різних зовнішніх і внутрішніх факторів досліджено в роботах [2-6]. Встановлено, що розчинення клейковини фактично являє собою пептизацію або диспергування її в певному дисперсійному середовищі. Дисперсною фазою виступають часточки або агрегати часточок клейковини більшого чи меншого розмірів. Розчинником за даною методикою виступає 0,01 н. оцтова кислота. Дослідження свідчать, що розчин оцтової кислоти не денатурує клейковину в такій мірі, як лужні розчини, оскільки основні фізичні властивості клейковини – пружність, розтяжність, зв'язаність – зберігаються після виділення клейковинного білка з оцтової дисперсії.

Участь у підтримці білкової молекули в розчиненому рівноважному стані беруть декілька видів стабілізуючих сил, які діють кооперативно, – поверхневий заряд молекули, який виникає як ефект іонно-електростатичних взаємодій, водневі зв'язки, гідрофобні взаємодії та ін.

Із загальнотеоретичних уявлень відомо, що навколо білкової молекули у водних розчинах розташовується шар молекул води, який утворює з поверхнею білка водневі зв'язки. Шляхом посилення міцності гідратного шару можна досягти підвищення стійкості білків до агрегації. І навпаки, процесу агрегування повинно передувати руйнування гідратного шару білків, яке відбувається внаслідок змін вмісту та співвідношення груп, здатних іонізуватися.

Можливо, що визначальна роль поверхневого заряду пов'язана з першим етапом, на якому відбувається дестабілізація білкової рівноваги. На другому етапі до процесів агрегації налаштовуються інші сили невалентних взаємодій: гідрофобно-гідрофільні взаємодії, водневі зв'язки та ін. [6].

Щодо агрегуючої здатності білків (ΣA), то вона є зворотною функцією їхньої стійкості в розчинах, яку можна представити у вигляді інтегральної суми множини взаємодій, що сприяють або запобігають утворенню надмолекулярних білкових структур клейковини. Різниця за абсолютною величиною стабілізуючих і дестабілізуючих сил призводить до зміни показника агрегації ΣA .

Дослідженнями впливу природи запасних білків встановлено, що параметри агрегації білків сильних пшениць помітно вищі порівняно зі слабкими, процес утворення білкових агрегатів є інтенсивнішим на початкових етапах і більш тривалим за терміном [2,3,4]. З підвищенням стійкості тіста до розрідження зростає агрегуюча здатність білків. На думку авторів [5], різниця між слабкими та сильними пшеницями за параметром агрегації зумовлена головним чином глютеніновими білками та меншою мірою гліадиновою фракцією. Підвищена агрегуюча здатність білків клейковини корелює з високим виходом клейковини, вмістом у ній важкорозчинної фракції білків, реологічними властивостями тіста за показниками фаринографа, валориметра, з пружністю клейковини та об'ємом хліба.

Узагальнення вищевикладеного свідчить, що більшість робіт у цьому напрямку присвячена встановленню здатності до агрегації різних за силою видів пшениць, а також участі окремих білкових фракцій у переході білкових молекул із розчиненого стану в агрегований.

Основною метою нашої роботи є дослідження агрегуючої здатності запасних білків борошна, отриманого з зерна, підданого дії акустичного впливу в умовах зниженого тиску на стадії водно-теплової обробки перед сортовим хлібопекарським помелом. Крім того, вважали необхідним порівняти основні якісні показники хлібопекарських властивостей борошна, отриманого з зерна після обробки в різні способи, за результатами пробного лабораторного випікання.

Для досліджень використовували зерно пшениці з такими показниками якості:

— партія №1: вологість – 12,7 %, скловидність – 50 %, вміст сирої клейковини – 18,0 %, показник ІДК – 90 од.пр;

— (партія №2): вологість – 13,0 %, скловидність – 48 %, вміст сирової клейковини – 19,0 %, показник ІДК – 105 од.пр.

Перед помелом зерно піддавали водно-тепловій обробці в таких режимах: зразок №1 – зволоження та відволоження до вологості 15,5-16,0 % протягом 20 год. за температури 18-20 °С (традиційне двоетапне холодне кондиціонування); зразок №2 – обробка у пневмоімпульсній установці при силі імпульсних коливань 3 од.пр., тиску $0,8 \times 10^4$ Па, кількості коливань 120 імпульсів; зразок №3 – 3 од.пр., $2,4 \times 10^4$ Па, 180 імпульсів відповідно.

Борошно з цього зерна отримували на лабораторному млині МЛУ-202 Бюлер. Отримане борошно характеризували показниками: крупність помелу – сід із шовкового сита № 35 – 1,9 %, прохід сита № 43 – 76 %; вихід – 73,2 %.

Агрегувальну здатність клейковинних білків борошна досліджували за методом Аракаві та Юнезаві [4,5]. Білки розчиняли в 0,01 моль/дм³ розчині оцтової кислоти (концентрація білка 0,01%), змішували з рівною кількістю 0,2М фосфатним буфером (рН 5,6), який містив 2М NaCl. Агрегацію оцінювали на спектрофотометрі протягом 10 хв за прирощенням кривої скаламутнення за 350 нм.

На рис. 1 представлені криві агрегувальної здатності білків клейковини традиційно відволоженого та оброблених імпульсами зразків борошна (партія №1). З експериментальних даних видно, що при обробці зерна перед помелом новим способом здатність білка до агрегації дещо зростає порівняно з традиційно відволоженим зразком. Можна припустити, що під дією акустичних коливань та розрідженого середовища відбуваються конфірмаційні перетворення, що обумовлюють такі зміни. При цьому зразок №2 переважає за показником зразок №3, тобто показник агрегації більший за умов меншого тиску в камері установки. Відбувається деяке підсилення борошна, отриманого з обробленого імпульсами зерна.

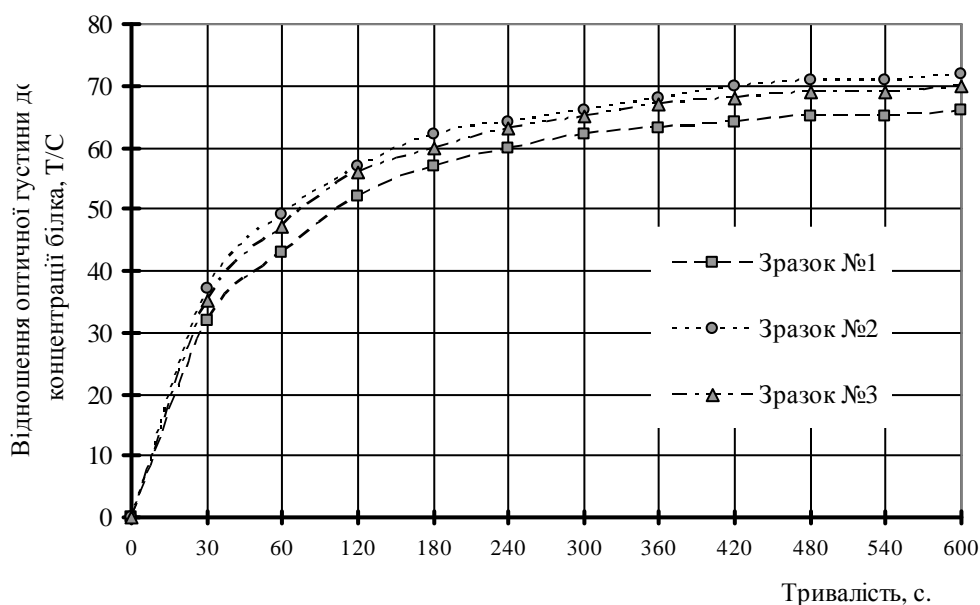


Рис. 1 – Зміни показника агрегації клейковинних білків борошна з різних зразків зерна

Висновки

Таким чином, встановлено, що застосування імпульсної обробки зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом у пневмоімпульсній установці дозволяє значно скоротити (до кількох хвилин) процес ВТО зерна, не погіршуючи хлібопекарські властивості отриманого з нього борошна.

Література

1. Пат. на корисну модель 50802.Україна. В02В1/00. Спосіб водно-теплової обробки зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом / Сафонова О.М., Разборська О.О., Домніч М.І., Юферов В.Б., Озеров О.М., Пономарьов О.М. - № у 2009 13204; заявл. 18.12.2009 р.; опубл. 25.06.2010 р., Бюл. № 12-4с.

2. Конарев В.Г. Белки пшеницы. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
3. Бунтина М.В. Агрегирующая способность клейковины разных сортов мягкой пшеницы // Тр. по прикл. бот., генет. и селекции. – Л., 1981. – Т. 70, вып. 2. – с. 35-38.
4. Arakawa N. Composition difference of wheat flour glutens in relation to their aggregation behaviors / Arakawa N., Yonezawa D. // Agr.Biol.Chem. – 1975. – Vol. 39. – N 11. – P. 2123–2128 .
5. Arakawa N. Aggregation behaviors of glutens, glutenins and gliadins from various wheat / Arakawa N., Morishita H., Yonezawa D. // Agr.Biol.Chem. – 1976. – Vol. 40. – P. 1217–.
6. Труфанов В.А. Клейковина пшеницы: проблемы качества. – Новосибирск: Наука, 1994. – 167 с.

УДК 664.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАТИВ ТВАРИННИХ БІЛКІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРУПІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Дугіна К.В., аспірант
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,
м. Харків

У статті розглянуто компонентний склад крупів підвищеної харчової цінності. Проаналізовано органолептичні показники якості готових виробів. Отримано дані щодо впливу концентратів тваринних білків на деформаційні характеристики тіста. Визначено раціональні концентрації та вид добавок, що мають найбільший вплив на структуру тіста.

The composition of increased nutritional value grits are deal in the article. The organoleptic qualities of finished products were analyzed. The data have been obtained on the influence of animal protein concentrates on the deformation characteristics of the dough. The rational concentration and the type of additives, which have the greatest impact on the structure of the dough, were defined.

Ключові слова: крупы підвищеної поживної цінності, концентрати тваринних білків, деформаційні характеристики тіста

Круп'яні продукти користуються значним попитом у населення, бо мають високу харчову цінність та споживчі властивості. Найбільш розповсюджені крупы з пшениці, ячменю, вівса, гречки, проса та рису. Всі вони мають різну поживну цінність, неоднакові фізико-хімічні, технологічні й органолептичні властивості.

Білки більшості крупів відносно бідні на деякі незамінні амінокислоти – лізин, треонін, лейцин. Неоднаковим також є вітамінний і мінеральний склад окремих злаків [1]. Тому поєднання різних зернових культур зі своєрідними білковими і вітамінними комплексами дозволяє в суміші одержувати нові більш цінні круп'яні продукти. Комбінування також дає можливість більш ефективно використовувати ресурси харчової сировини, яка недостатньо застосовується у харчуванні.

Крупы підвищеної поживної цінності – це швидко розварювані пресовані вироби, які за формою та розмірами імітують натуральні крупы. Як сировину використовують продукти, які одержують у круп'яному виробництві: рис подрібнений, продільну крупу, ячну крупу, подрібнене пшоно, вівсяну крупу, горох, кукурудзяну крупу будь-якого призначення, а також усі види борошна. Технологічна схема включає подрібнення зернової сировини, дозування рецептурних компонентів, замішування тіста, пресування, формування та сушіння [2].

Такі вироби характеризуються значно підвищеними показниками харчової цінності, але їх органолептичні властивості також мають важливе значення для споживача. При пресуванні тіста з різних круп'яних культур, отримують вироби з недостатньо щільною структурою, які при варінні характеризуються підвищеною розварюваністю і занадто високим відсотком переходу сухих речовин у варильне середовище. Це обмежує використання таких продуктів у вигляді гарнірів та унеможливує їх застосування як супових засипок.

Для покращання консистенції готових круп'яних продуктів нами запропоновано використовувати концентрати тваринних білків. Вони мають повністю натуральне походження, не містять ГМО та є екологічно чистими. Концентрати тваринних білків виробляються з колагенових тканин тварин і є відходами м'ясопереробної галузі, тому їх вартість є незначною [3].

Добавки Сканпро Т95 та Сканпро Т91 виробляють зі свинячої шкіри; Геліос-11, Scanflavour А, Scanflavour 95 – з яловичої шкіри; Gitpro D – з плазми крові.

Метою досліджень є визначення впливу різних видів концентратів тваринних білків на структурно-механічні властивості пшеничного тіста та готових круп'яних продуктів підвищеної харчової цінності.

Об'єктами досліджень обрано такі види концентратів тваринних білків: Сканпро Т95 та Сканпро Т91 (виробник – компанія ВНІ А/С, Данія), Scanflavour А та Scanflavour 95 (виробник компанія Scanflavour, Данія), Геліос-11 (компанія Проліфік Трейд, Україна), білок Gitpro D (Група компаній «ПТІ», Росія). Як борошняну сировину для дослідження деформаційних характеристик модельних систем борошняного тіста використовували борошно пшеничне з вологістю 12,5 %. Для виготовлення крупів підвищеної харчової цінності застосовували наступні види круп'яної сировини: борошно пшеничне обдирне, борошно гречане, горохове, пшоняне, квасолеве та рисове.

Готували крупи такого рецептурного складу: крупа «Світанок» – 50 % пшоняного борошна, 20 % пшеничного, 15 % рисового та 15 % квасолевого борошна; крупа «Цілюща» – 50 % горохового борошна, 30 % пшоняного та 20 % рисового; крупа «Веселка» – 50 % гречаного, 30 % пшоняного та 20 % рисового борошна. Добавка будь-якого з концентратів тваринних білків дорівнювала 2 % до сухої маси речовини.

Структурно-механічні властивості тіста при навантаженні-розвантаженні (маса навантаження – 30 г) визначали на еластопластометрі Толстого. Органолептичні показники круп'яних продуктів оцінювали за стандартною методикою.

Для експериментальних досліджень борошно з крупів отримували на лабораторному млині ЛМТ-2. Борошняні суміші для проведення експериментальних досліджень одержували змішуванням різних видів борошна в заданому співвідношенні. Дослідні та контрольні зразки готували з однієї партії сировини. Експериментальні дослідження виконували на базі лабораторій Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.

На першому етапі досліджень проводили органолептичну оцінку крупів після варіння. Результати органолептичної оцінки готових виробів (таблиця 1) вказують на те, що додавання концентратів тваринних білків в обраних концентраціях не змінює запах, смак та колір крупів, проте має суттєвий вплив на консистенцію та липкість виробів. Дослідженнями встановлено, що найбільш значне поліпшення консистенції відбувається при внесенні добавок Сканпро та Gitpro.

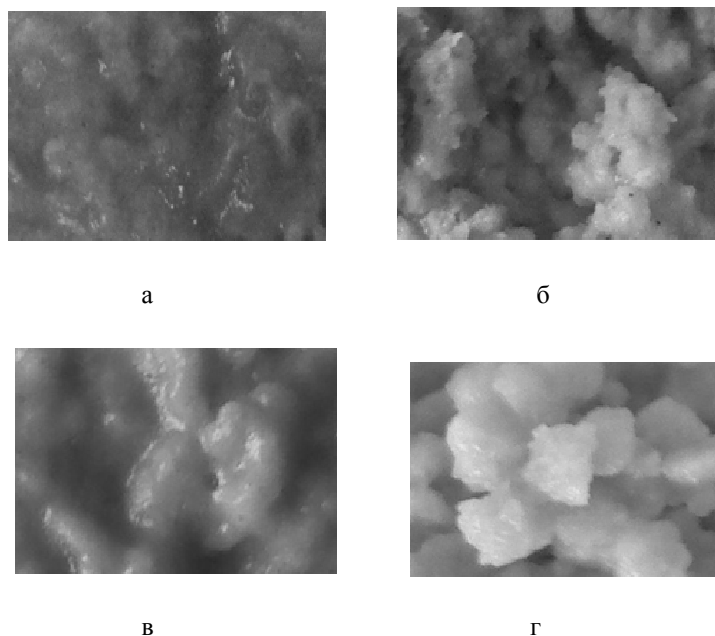
Таблиця 1 – Результати бальної оцінки органолептичних властивостей варених крупів

Добавка	Органолептичні показники, бал				
	колір	запах	смак	консистенція	липкість
«Світанок»					
Без добавки	5	5	5	2	2
Сканпро Т95	5	5	5	5	5
Scanflavour А	5	5	5	4	3
Геліос-11	5	5	5	3	3
Gitpro D	5	5	5	4	5
«Цілюща»					
Без добавки	5	5	5	3	2
Сканпро Т95	5	5	5	5	4
Scanflavour А	5	5	5	4	4
Геліос-11	5	5	5	4	4
Gitpro D	5	5	5	5	5
«Веселка»					
Без добавки	5	5	5	1	1
Сканпро Т95	5	5	5	4	3
Scanflavour А	5	5	5	3	2
Геліос-11	5	5	5	3	3
Gitpro D	5	5	5	5	4

Помітно покращується й зовнішній вигляд готових крупів (рис.1). Відмічається зниження липкості та в'язкості каші. Отриманий продукт добре тримає форму та менше розварюється.

На другому етапі досліджень проводили порівняльний аналіз структурно-механічних властивостей тіста з пшеничного борошна з додаванням різних видів концентратів тваринних білків. Концентрацію в кількості 2 % обрано на підставі попередньо проведених досліджень кулінарних властивостей крупи.

Пружно-еластичні деформації умовно поділяють на миттєво-пружні та еластичні. Насправді величина істинно-пружної деформації у дисперсних колоїдних систем є зникаюче малою. Миттєво-пружні деформації відбуваються в результаті дії первинних хімічних зв'язків атомів у молекулі. Сили притягування – відштовхування атомів цих зв'язків діють на достатньо малих відстанях, тому граничні розміри миттєво-пружної деформації звичайно малі.



*а – крупа «Веселка» без добавки; б – крупа «Веселка» з 2 % Сканпро Т95;
в – крупа «Світанок» без добавки; г – крупа «Світанок» з 2 % Гітпро D*

Рис. 1 – Зовнішній вигляд круп після варіння

Перевищення межі цих сил призводить до зворотного (або незворотного) переходу атомів сполуки, що деформується, до нових центрів рівноваги. Тому пружно-еластичні властивості таких систем найбільш правильно можна визначити через загальний пружно-еластичний модуль $E_{п.е.}$. Для оцінки деформації тіста криву навантаження зразка слід поділити на частини.

Чисельні дослідження показують, що за малих деформацій (ділянка *OA*) спостерігається їх прямопропорційна залежність від терміну навантаження. Такий вигляд кривої є подібним області пружних деформацій на типовій діаграмі розтягнення [4], коли за малих деформацій напруга γ прямо пропорційна відносному подовженню ϵ . Якщо процес навантаження зразка продовжувати і перейти межу пропорційності, то деформація стає нелінійною, хоча за незначних нелінійних деформацій після зняття навантаження форма і розміри зразка практично відновлюються (ділянка *AB* графіка). Максимальне навантаження, при якому ще не виникає помітна залишкова деформація, називається межею пружності $\gamma_{пр.}$; вона співпадає з точкою *B* діаграми. Якщо зовнішнє навантаження є таким, що в зразку виникає напруга, яка перевищує межу пружності, характер деформації зразка змінюється (ділянка *BСD*). Після зняття навантаження зразок не відновлює первинного розміру, а залишається деформованим унаслідок пластичної (незворотної) деформації. Чим більшою є незворотна деформація, тим яскравіше виявляє зразок пластичні властивості, тим меншими є пружно-еластичні властивості.

Вплив різних видів добавок на деформаційні властивості пшеничного тіста під час навантаження-розвантаження наведено в табл. 2 та на рис. 3.

Результати дослідження свідчать, що всі добавки впливають тією чи іншою мірою на деформаційну поведінку тіста. Зразок 1 (контроль) характеризується найменшим модулем пружності, а саме $7,08 \text{ кг/м}^2$ та найбільшим значенням незворотної відносної деформації – 3,13 від. од. За додавання будь-якої добавки пружні властивості тіста зростають, а пластичність зменшується. Найбільш помітний вплив чинять

добавки Gitpro D та Сканпро. Можна припустити, що такі зміни показників пояснюються більш високою здатністю концентратів тваринних білків зв'язувати вологу в тісті (порівняно з білками пшеничного борошна) та спричиняти опір навантаженню.

Таблиця 2 – Деформаційні характеристики пшеничного тіста за додавання різних видів концентратів тваринних білків

Вид добавки	Модуль пружності, $E_{п.е.}$, кг/м ²	Незворотна відносна деформація, від. од.
Без добавок	7,08	3,13
Сканпро Т95	8,69	1,7
Сканпро Т91	12,74	1,86
Gitpro D	13,65	1,65
Scanflavour A	11,24	2,53
Scanflavour 95	21,23	2,67
Геліос-11	15,93	2,33

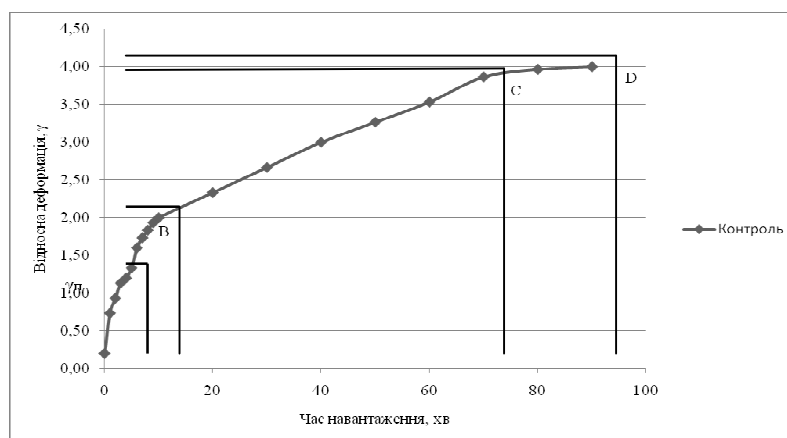


Рис. 2 – Ділянки пружної та пластичної деформації на кривій навантаження зразка пшеничного тіста (вологість 42 %)

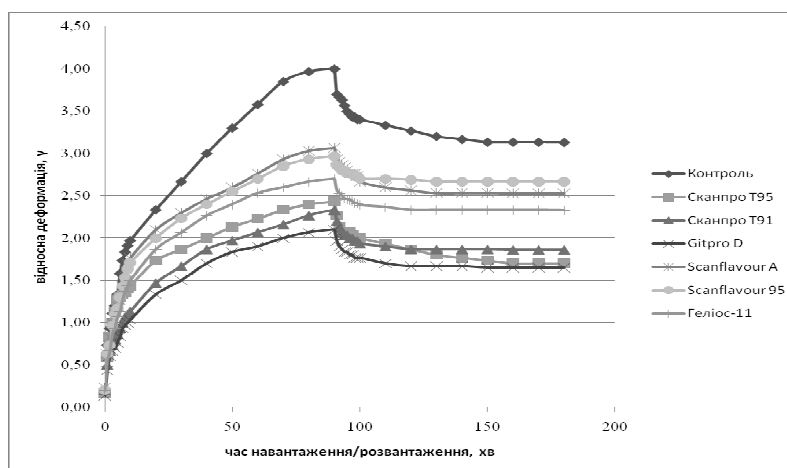


Рис. 3 – Криві навантаження-розвантаження пшеничного тіста з додаванням різних видів концентратів тваринних білків

Висновки. Таким чином, застосування концентратів тваринних білків як структуроутворювачів у складі крупів підвищеної харчової цінності є доцільним. Ці добавки помітно покращують кулінарні достоїнства крупів (зовнішній вигляд і консистенцію каші), поліпшують реологічні властивості тіста шляхом підвищення пружних та зниження пластичних властивостей. Найбільш ефективними визнано добавки Gitpro D та Сканпро в кількості 2 % до маси сухих компонентів.

Література

1. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. Издание 3-е, испр. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 640 с.
2. Концентраты соединительнотканного белка. Спецификация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: < vremya.spb.ru/cgi-bin/download.pl/Сканпро%2004.doc?id=152 >.
3. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції / О.В. Богомолов, Н.В. Верешко, О.М. Сафонова та ін. Під ред. О.І. Шаповаленка, О.М. Сафонові. – Харків: Еспада, 2008. – 544 с.
4. Молекулярно-кинетическая теория [Электронный ресурс]. – Режим доступа: < <http://www.artlyceum.ru/Physics/Models/content/chapter3/section/paragraph7/theory.html> >

УДК 664.681.016.3:613.22

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА ДЛЯ РАСТВОРИМОГО ПЕЧЕНЬЯ

Кондратова И.И., канд. техн. наук, доцент, Гершончик К.Н., аспирант
 РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
 г. Минск

При изготовлении мучных кондитерских изделий используют ферментные препараты протеолитического действия, которые позволяют изменять упруго-эластичные свойства клейковины и регулировать качество готовых изделий. Авторами изучено влияние ферментного препарата протеолитического действия Нейтразы 1,5 MG на пластическую прочность и микроструктуру теста для растворимого печенья и установлены оптимальные параметры тестоведения, обеспечивающие получение растворимого печенья с необходимыми показателями качества.

Proteolytic enzymes are used for flour confectionery production. Proteolytic enzymes modify elastic characteristics of gluten and regulate quality of finished product. Authors are studied influence of proteolytic enzyme Neutrase 1,5 MG on plastic resistance and microstructure of dough for soluble biscuits and determined optimal parameters of dough making, supported soluble biscuits production with necessary quality index.

Ключевые слова: растворимое печенье, ферментный препарат протеолитического действия, тесто, продолжительность ферментации, пластическая прочность, микроструктура.

При изготовлении мучных кондитерских изделий для ускорения набухания белков, снижения упруго-эластичных свойств теста, улучшения качества готовой продукции используют препараты, изменяющие свойства клейковины. Традиционно для этих целей используют пиросульфит натрия, который является химическим соединением. Однако в последнее время находят свое применение и ферментные препараты протеолитического действия [1, с. 28-29]. Механизм действия протеолитических ферментов и пиросульфита натрия представлен на рис. 1.

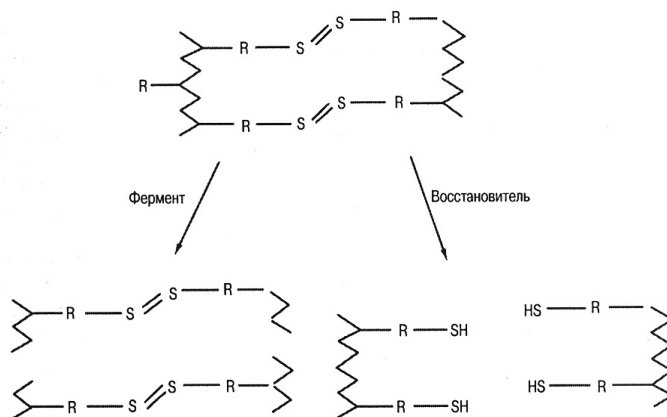


Рис. 1 – Влияние протеолиза и восстановления на белки теста

Как видно из рис. 1, восстановитель (пиросульфит натрия) вызывает потерю стабильности и увеличение растяжимости клейковины, разрывая дисульфидные связи белка, в то время как протеолитические ферменты достигают аналогичного эффекта совершенно иным способом, разрывая внутренние пептидные связи белков клейковины. Текстура печенья, изготовленного с добавлением протеазы, обычно более выраженная и нежная, чем изготовленного с добавлением пиросульфита натрия. Кроме того, в связи с отрицательным воздействием продуктов разложения пиросульфита натрия его использование при производстве продуктов детского питания запрещено. В то же время применение ферментов с точки зрения безопасности является перспективным, так как они представляют собой вещества белковой природы и в процессе выпечки инактивируются.

Промышленно протеазы получают из трех основных источников:

- из растений (например, папаин, бромелаин, фицин и т.д.);
- из животных (например, трипсин, химотрипсин, пепсин, ренин и т.д.);
- из микроорганизмов, особенно из *Aspergillus oryzae* грибного происхождения (плесени) и бактерий *Bacillus subtilis*.

Наиболее подходящей для теста является протеаза, полученная из бактерий *Bacillus subtilis* [1, с. 222-223]. Обычно микроорганизмы продуцируют комплекс протеолитических ферментов, в котором содержатся и эндо-, и экзопротеазы. Для препаратов бактериального происхождения по сравнению с грибами характерно большее эндопептидазное действие и меньшая активность аминопептидаз. По сравнению с грибными протеазами, бактериальные протеазы при изготовлении мучных кондитерских изделий используются в меньших количествах и с большим эффектом. Кроме того, в грибных препаратах могут присутствовать следы липазы, в результате воздействия которой наблюдается ухудшение аромата печенья [2, с 102].

Протеолитические ферменты модифицируют состояние клейковинных белков, изменяют структуру клейковины, увеличивают количество низкомолекулярных белковых веществ и тем самым позволяют повысить усвояемость растворимого печенья, предназначенного для детей раннего возраста. За счет изменения структурно-механических свойств клейковины повышается качество готовых изделий: улучшается структура, снижается плотность, повышается намокаемость и растворимость печенья, что особенно важно для растворимого печенья, так как оно употребляется детьми раннего возраста в растворенном виде.

Целью проводимых исследований является изучение влияния ферментного препарата протеолитического действия на структурно-механические свойства теста для растворимого печенья.

Структурно-механические свойства теста оценивали путем измерения пластической прочности теста и изучения микроструктуры теста.

Пластическую прочность теста определяли на приборе «Структурометр» путем измерения максимального усилия воздействия неподвижного инструмента в виде конуса на образец теста, перемещаемого столиком прибора по заданному закону.

Пластическую прочность теста P , Па, рассчитывали по формуле (1):

$$P = k \cdot \frac{F}{h^2} \quad (1)$$

где k – константа, зависящая от угла α при вершине конуса; при $\alpha = 60^\circ$ $k = 0,413$;

F – максимальное усилие воздействия конуса при движении столика, Н;

h – перемещение столика, м.

Микроструктурный анализ теста проводили на электронном сканирующем микроскопе Scanning Electron Microscope JEOL JSM – 5610LV при увеличении в 500 раз. Образцы теста подвергали сушке в сублимационной установке LZ-9 при температуре от минус 35°C до плюс 40°C .

Для проведения исследований использовали ферментный препарат протеолитического действия Нейтразу 1,5 MG. Так как ферменты являются веществами белковой природы, то их активность значительно зависит от внешних факторов, таких как температура, pH среды, продолжительность воздействия, наличия активаторов или ингибиторов протеолиза. Температурный оптимум действия Нейтразы составляет $35-40^\circ\text{C}$, температура инактивации ($55-60^\circ\text{C}$). Оптимальный диапазон pH составляет $6,5-8,0$, что приемлемо для всех видов теста. Важно также соблюдать длительность процесса ферментации, чтобы обеспечить необходимые условия для действия фермента.

Ферментный препарат вносили в тесто в количестве от $0,03$ до $0,15\%$ к массе муки с интервалом $0,03\%$, тесто подвергали ферментации при температуре 35°C , продолжительность ферментации теста изменяли от 0 до 180 мин с интервалом 30 мин. Контрольный образец теста изготавливали без добавления ферментного препарата, пластическую прочность контрольного образца измеряли сразу после замеса теста. Результаты исследований пластической прочности теста для растворимого печенья представлены на рис. 2.

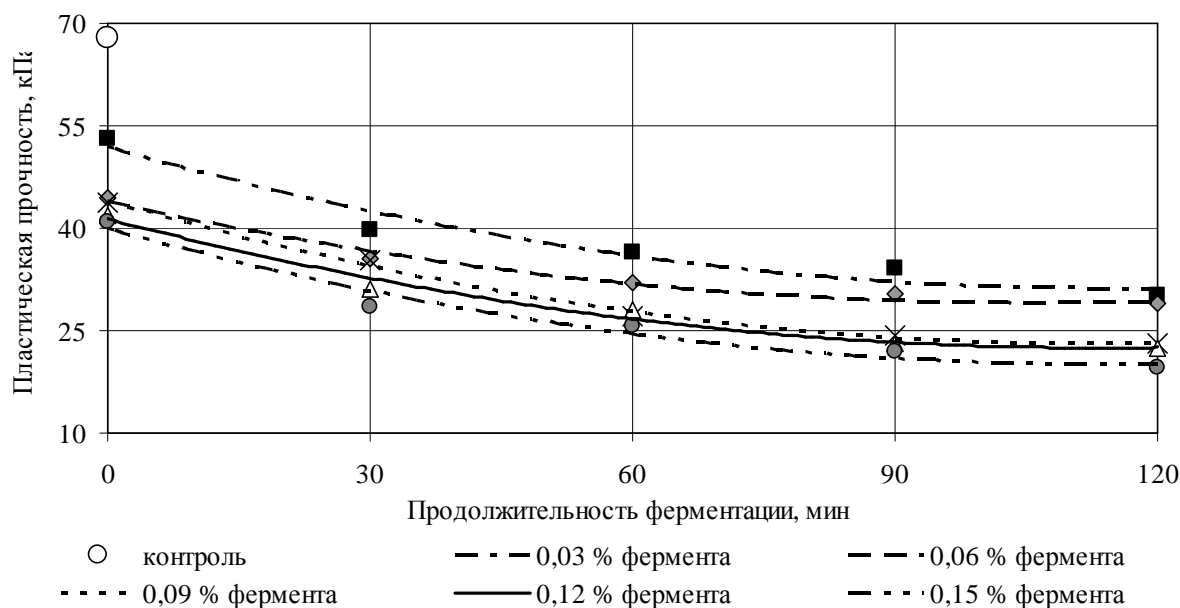


Рис. 2 – Влияние дозировки ферментного препарата и продолжительности ферментации на пластическую прочность теста

Как видно из рис. 2, как с увеличением дозировки ферментного препарата, так и с увеличением продолжительности ферментации пластическая прочность теста снижается. Из представленных данных следует, что наиболее существенное снижение пластической прочности теста происходит при продолжительности ферментации 30 мин – на (8,6-13,4) кПа. При дальнейшем увеличении продолжительности ферментации пластическая прочность снижается незначительно: на (0,7-5,0) кПа.

Необходимо отметить, что ферментный препарат начинает проявлять свою активность сразу после внесения в тесто, так как при этом его пластическая прочность составляет (53,2-41,0) кПа, что на (21-40) % ниже, чем аналогичный показатель контрольного образца теста.

Подобраны уравнения регрессии, описывающие зависимость пластической прочности теста от продолжительности ферментации:

$$Y = k_0 - k_1 \cdot x + k_2 \cdot x^2 \tag{2}$$

где Y – пластическая прочность теста, кПа;

x – продолжительность ферментации теста, мин;

k_0, k_1, k_2 – коэффициенты в уравнении регрессии.

Значения коэффициентов в уравнении регрессии (2) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов в уравнение регрессии

Дозировка ферментного препарата, % к массе муки	Значение коэффициентов			Коэффициент корреляции
	k_0	k_1	k_2	
0,03	51,90	0,36	0,0016	0,95
0,06	43,89	0,28	0,0013	0,98
0,09	44,05	0,37	0,0016	0,99
0,12	41,36	0,33	0,0015	0,98
0,15	39,95	0,35	0,0015	0,97

Проверку адекватности уравнений регрессии определяли по критерию Фишера. Уравнения регрессии адекватно описывают экспериментальные данные при уровне значимости 5 %.

Установлено, что оптимальные реологические характеристики для изготовления растворимого печенья имеет тесто, пластическая прочность которого составляет (27-29) кПа. При этом тесто хорошо формируется, не прилипает, тестовые заготовки сохраняют заданную форму при выпечке, готовое печенье имеет гладкую поверхность, без трещин. Превышение значения пластической прочности более 29 кПа не позволяет качественно провести процесс формования тестовых заготовок, так как тесто становится вязким и прилипает к формирующему оборудованию. Тесто с пластической прочностью ниже 27 кПа обладает

достаточно высокими упруго-эластичными свойствами, что также затрудняет процесс формования, тестовые заготовки деформируются, на поверхности готового печенья образуются трещины.

На основании анализа вышеприведенных данных определены 4 варианта изготовления теста с требуемой пластической прочностью (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры изготовления теста с пластической прочностью 27-29 кПа

Параметры изготовления теста	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3	Вариант № 4
Дозировка ферментного препарата, % к массе муки	0,06	0,09	0,12	0,15
Продолжительность ферментации теста, мин	120	60	60	30
Пластическая прочность теста, кПа	28,9	27,0	28,1	28,4

Изготовление теста для растворимого печенья с низкими дозировками ферментного препарата (менее 0,12 % к массе муки) требует более продолжительной ферментации, что удлиняет технологический цикл изготовления растворимого печенья и снижает мощность производственной линии. Таким образом, оптимальная и достаточная продолжительность ферментации теста составляет 30 мин, а оптимальная дозировка ферментного препарата – 0,15 % к массе муки. Косвенным подтверждением установленных оптимальных параметров тестоведения являются высокая намокаемость (390 %) и низкая плотность (0,49 г/см³) растворимого печенья.

Для более полной оценки изменений, происходящих в тесте для растворимого печенья при внесении ферментного препарата, проведен его микроструктурный анализ. На рис. 3 представлены микрофотографии теста, изготовленного без использования ферментного препарата (а) и с добавлением ферментного препарата в количестве 0,006 % (б) и 0,15 % (в).

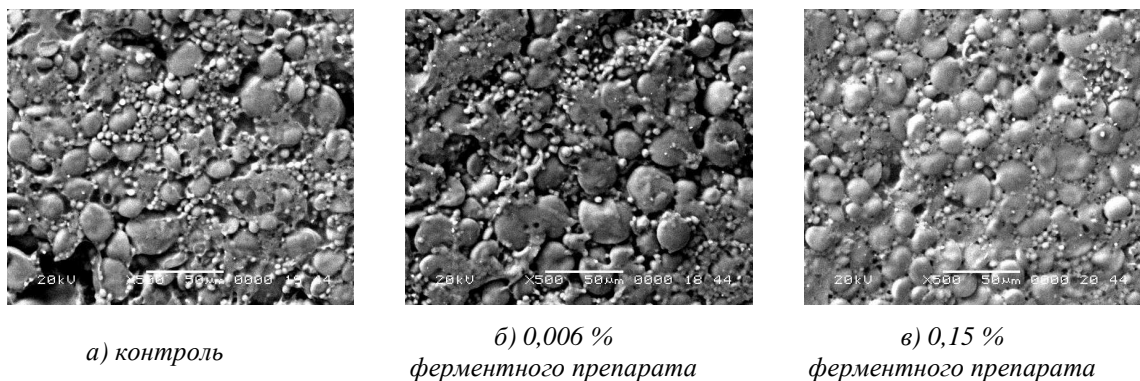


Рис. 3 – Электронные микрофотографии теста

Микрофотографии позволяют оценить влияние протеолитического фермента Нейтразы 1,5 МГ на белково-протеиназный комплекс теста для растворимого печенья. На представленных микрофотографиях видно, что тесто для растворимого печенья состоит из крупных и мелких двояковыпуклых (линзообразных) гранул крахмала, распределенных в белковой матрице. В контрольном образце теста (рис. 3 а) и в тесте с минимальной дозировкой ферментного препарата (рис. 3 б) существенных различий в микроструктуре не наблюдается: клейковина сохраняет свои упруго-эластичные свойства и плотно удерживает крахмальные гранулы. Увеличение количества фермента до 0,15 % вызывает потерю упруго-эластичных свойств клейковины, тесто для растворимого печенья становится более пластичным, что способствует равномерному распределению гранул крахмала в сплошной белковой матрице (рис. 3 в).

Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что увеличение дозировки ферментного препарата протеолитического действия Нейтразы 1,5 МГ и продолжительности ферментации снижает упруго-эластичные свойства теста для растворимого печенья, что подтверждается значениями его пластической прочности и микроструктурой. Установлено, что максимальное снижение пластической прочности теста наблюдается при продолжительности ферментации 30 мин. Определены оптимальные параметры изготовления теста для растворимого печенья: дозировка ферментного препарата протеолитического действия Нейтразы 1,5 МГ в количестве 0,15 % к массе муки, продолжительность ферментации теста 30 мин при температуре 35 °С.

Литература

1. Технологические инструкции по производству мучных кондитерских изделий. – М.: ВНИИКП, 1992. – 241 с.

2. Мэнли, Д. Мучные кондитерские изделия / Мэнли Д.; пер. с англ. В.Е. Ашкинази; под ред. И.В. Матвеевой. – СПб.: Профессия, 2008. – 558 с.
3. Иванова, Л.А. Пищевая биотехнология. Кн. 2. Переработка растительного сырья / Л.А. Иванова, Л.И. Войно, И.С. Иванова; под ред. И.М. Грачевой. – М.: КолосС, 2008. – 472 с.
4. <http://www.artlyceum.ru/Physics/Models/content/chapter3/section/paragraph7/theory.html>

УДК 664.68

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА ДЛЯ МАФФІНІВ

Дорохович А.М., д-р техн. наук, професор, Ковалевська Є.І., канд. техн. наук, доцент,
Лазоренко Н.П., аспірант
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Досліджено структурно-механічні властивості маффінів на основі цукру білого, встановлено вплив цукрозамінників фруктози і пребіотика лактулози на структурно-механічні властивості маффінів. Наведено основні реологічні показники тістових мас маффінів.

Investigational structurally mechanical properties of maffin on the basis of sugar white, influence of sweeteners fructose is set and prebiotika laktulozi on structurally mechanical properties of maffiniv. The basic reologichni indexes of tistovikh the masses of maffiniv are resulted.

Ключові слова: маффін, пребіотик лактулоза, реологічні властивості тіста.

Асортимент борошняних кондитерських виробів (БКВ) в Україні з кожним роком безупинно зростає. Розширюється асортимент вже наявних видів борошняних кондитерських виробів і мігрують з Європи нові види борошняних кондитерських виробів. Останнім часом на ринку України з'явилися нові види БКВ – це маффіни.

Маффіни – один із нових для українських споживачів кондитерський виріб. Зовні маффіни схожі на кекси, але якщо кекси – це скоріше торт у мініатюрному виконанні, то маффіни – це золота середина між кексом і масляним бісквітом. Він поєднує в собі легку, ніжну структуру бісквіту, пористість кексів і має свою індивідуальність: замість маргарину або вершкового масла, яка у кексів є основним структуроутворювачем тіста використовується рослинна олія, яка багата на поліненасичені жирні кислоти, не містить транс-ізомерів жирних кислот. Зазвичай на підприємствах малої і середньої потужності, а також у кафе маффіни виготовляють на основі традиційної сировини (борошна, цукру білого кристалічного, меланжу) з додаванням спеціальної суміші [2], до складу якої входить сухий меланж, вологоутримувальні компоненти, сухе знежирене молоко, крохмаль, пекарські порошки E 450; E 500, емульгатори E 472 і E 471, E 475, сіль, барвник та ін. Співвідношення компонентів даної суміші є невідомим.

У НУХТі було проведено комплекс досліджень і шляхом використання математичного методу багатфакторного планування експерименту було визначено оптимальне співвідношення хімічних розпушувачів: харчової соди, амонію і пірофосфату натрію та емульгаторів, що було використано при розробленні науково обґрунтованих рецептурних композицій маффінів оздоровчого (функціонального) і дієтичного призначення [2].

Аналіз ринку України і за кордоном показує, що при виробництві маффінів використовується цукор білий кристалічний [4].

У зв'язку з тим, що з кожним роком збільшується кількість хворих на цукровий діабет, нами запропоновано при виробництві маффінів використовувати цукрозамінник фруктозу, а для надання виробам функціонального статусу збагачувати їх фізіологічно-функціональним інгредієнтом – пребіотиком лактулозою [5]. Як пребіотик лактулоза стимулює ріст і розвиток захищеної мікрофлори кишечника – біфідо і лактобактерій, які активно розвиваються, продукують органічні кислоти, які у свою чергу пригнічують ріст і розмноження патогенних мікроорганізмів за рахунок зменшення кишкового рН. Крім того, лактулоза сприяє покращенню імунітету, синтезу вітамінів, захисту від різних інфекцій, вона перешкоджає проникненню в кров токсинів, які утворюються при метаболізмі харчових продуктів. Добова профілактична доза лактулози, рекомендована медико-біологічними випробуваннями 2,0 – 10,0 г на добу [3].

Відповідно до державного стандарту Росії ГОСТ Р 82349-2005 [1], науковою базою якого є Європейська наукова концепція, харчовий продукт має статус «функціональний харчовий продукт», коли до його складу входять фізіологічно-функціональні інгредієнти в кількості 10-50 % від добової потреби. Лактулоза, як пребіотик є фізіологічно-функціональний інгредієнт, тому нами було запропоновано використовувати її в кількості 2 грама на 100 г маффіну. За основу ми рийняли, добова потреба лактулози як пребіотика становить 10 г, і як фізіологічно-функціональний інгредієнт його кількість прийнята нами 20 %, що складає 2 г на 100 г готового продукту, тобто при споживанні 100 г маффінів забезпечується задоволення добової потреби лактулози на 20 %.

Головне в процесі тістоутворення – формування потрібної структури з заданими структурно-механічними властивостями. Кожний із сировинних інгредієнтів, які утворюють в комплексі складну систему тіста, відіграють визначну роль у процесі тістоутворення [6], але найбільше значення відіграє основна сировина – борошно пшеничне, цукор білий кристалічний і рослинна олія.

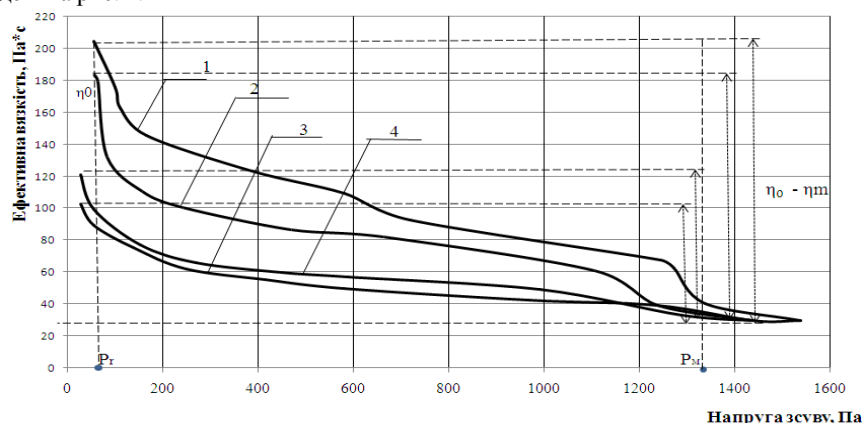
Аналіз літературних джерел показав відсутність досліджень із визначення впливу сировини на структурно-механічні властивості маффінів, тому метою наших досліджень було визначити структурно-механічні властивості тіста для маффінів, виготовлених на традиційних сировинних інгредієнтах і визначити вплив фруктози і лактулози на структурно-механічні характеристики.

За допомогою ротаційного віскозиметра Реотест 2 нами було досліджено структурно-механічні властивості тіста на основі цукру та цукрозамінників фруктози і лактулози. Для цього були виготовлені тістові моделі (табл. 1) на цукрі білому (модель 1), на цукрі білому з додаванням лактулози (модель 2), на фруктозі (модель 3), та фруктозі з додаванням лактулози (модель 4). Перша модель виготовлялась на цукрі білому в кількості 65 % до маси борошна, друга модель на цукрі і лактулозі, кількість лактулози 5,1 % до маси борошна, що відповідає 2 % до маси готового продукту. За рахунок використання лактулози вміст цукру білого зменшився до 59,9 %, враховуючи вміст сухих речовин лактулози. Третя модель була виготовлена на фруктозі. Заміна цукру білого на фруктозу проводилась, враховуючи кількості сухих речовин цукру білого, і становила 68,3 % до маси борошна. Четверта модель була виготовлена на фруктозі і лактулозі, відповідно вміст фруктози зменшився до 63,8 %, враховуючи вміст сухих речовин лактулози.

Таблиця 1 – Рецептурні композиції досліджуваних тістових моделей

Сировина	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
Борошно пшеничне в/с	100,0	100,0	100,0	100,0
Фруктоза	–	–	68,3	63,02
Цукор білий	65,0	59,9	–	–
Лактулоза	–	5,1	–	5,1
Рослинна олія	36,5	36,5	36,5	36,5
Меланж	42,0	42,0	42,0	42,0
Вуглеамонійна сіль	0,86	0,86	0,86	0,86
Сода харчова	0,82	0,82	0,82	0,82
Пірофосфат натрію	1,15	1,15	1,15	1,15
Емульгатор Е 471	0,5	0,5	0,5	0,5
Емульгатор Е 475	0,5	0,5	0,5	0,5

Для кількісного відображення стану системи тіста маффінів, і отримання повної реологічної кривої, а також області кривих течії в достатній мірі розрушених структур, визначали ефективну в'язкість, яка відображає складність процесу течії системи під дією зовнішніх сил. На ротаційному віскозиметрі Реотест 2 досліджували тісто маффіну вологістю 24,9 % температурою 20 °С (293 К) при швидкості зсуву від 0,333 до 487,4 с⁻¹. Результати досліджень наведені на рис. 1.

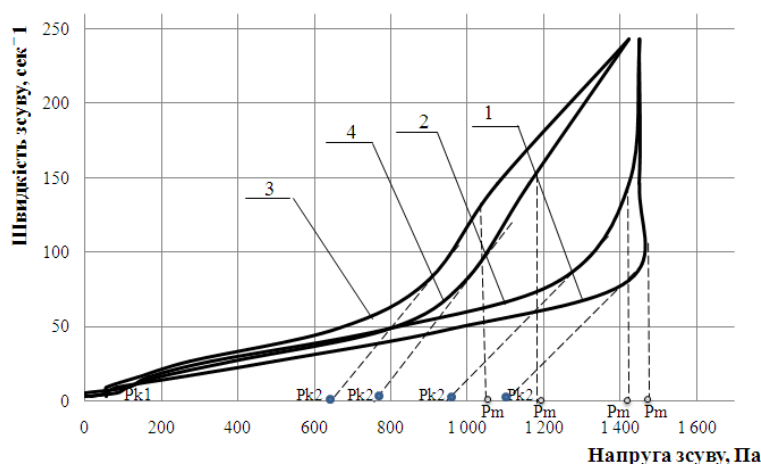


1 – на цукрі білому $y=205-0,163x-0,5x^2$, 2 – на цукрі білому + лактулоза $y=184-0,181x-0,5x^2$,
 3 – на фруктозі $y=102-0,104x-0,5x^2$, 4 – на фруктозі + лактулоза $y=121-0,129x-0,5x^2$

Рис. 1 – Реологічні криві в'язкості тіста маффінів

Реологічні криві в'язкості маффінів характерні для структурованих систем. Тісто маффіну володіє аномалією в'язкості, яка пов'язана зі зміною в'язкості від швидкості та напруження зсуву, з підвищенням швидкості зсуву в'язкість структури знижується в досить вузькому інтервалі напруження, а після повного руйнування структури

в'язкість залишається сталою. Це означає, що ефективна в'язкість з ростом напруги плавно зменшується в діапазоні від η_0 до η_m , відповідає критичній напрузі P_m , вище якої $\eta = \eta_m$ залишається сталою. В'язкість зруйнованої структури (η_m) всіх тістових мас маффінів дорівнює 29 Па*с. Аналіз кривих, що характеризує $\eta = f(P)$, вказує на те, що в'язкість тіста маффіну на цукрі білому найвища і дорівнює 205,0 Па*с, при напрузі зсуву 387,0 Па; найменша в'язкість при тій же напрузі зсуву у тіста виготовленого на фруктозі і дорівнює 102,3 Па*с. При напрузі зсуву 960 Па в'язкість тіста маффіну відповідно на цукрі дорівнює 85 Па*с, на фруктозі – 66 Па*с. При напрузі зсуву 1430 Па в'язкість обох систем практично вирівнюється і дорівнює 29,4 Па*с. Тістові маси, що виготовлені на цукрі білому з додаванням лактулози, значно послаблюють систему. Тістові маси, що виготовлені на фруктозі з додаванням лактулози навпаки зміцнюють в'язкість системи. Так, якщо в'язкість тістових мас на цукрі білому, при напрузі зсуву 387,0 Па дорівнює 205 Па*с, то в'язкість тістових мас на цукрі з лактулозою при тих же умовах дорівнює 184 Па*с, тобто на 11 % менше. В'язкість тістових мас на фруктозі при тій же напрузі зсуву дорівнює 102 Па*с, тобто на 50,2 % менше, з додаванням лактулози 121 Па*с, тобто на 41 % менше в'язкості тістових заготовок на цукрі білому. На рис.2 представлені реограми течії тістових мас маффінів (моделі табл.1).



1 – на цукрі білому $12,74-0,051x+x^2$, 2 – на цукрі білому + лактулоза $14,36-0,066x+x^2$,
3 – на фруктозі $10,61-0,025x+x^2$, 4 – на фруктозі+лактуюза $15,48-0,084x+x^2$

Рис. 2 – Криві течії тістових мас маффінів

Аналіз кривих течії дозволяє визначити такі константи: $P_{к1}/P_{к2}$ – міцність структурних зв'язків (чим вище це відношення, тим міцніші зв'язки в структурі), $P_m/P_{к1}$ – характеризує діапазон напружень, в яких відбувається руйнування системи, $P_{к2}$ – умовно динамічний поріг текучості. Якщо $P_{к1} > 0$, то система має властивості структурованого твердого тіла, P_m – характеризує міцність утвореного структурного каркасу. Результати проведених розрахунків представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Реологічні характеристики тіста маффіну

Реологічні характеристики	Тісто маффінів на:			
	цукрі білому	цукрі білому з лактулозою	фруктозі	фруктозі з лактулозою
Найбільша в'язкість системи – η_0 Па*с	2,05	1,84	1,02	1,21
Найменша в'язкість системи – η_m Па*с	0,29	0,29	0,29	0,29
Міцність утвореної надмолекулярної структури – $\eta_0 - \eta_m$, Па*с	1,76	1,55	0,73	0,92
Характер утвореної системи, $P_{к1}$	55,28	55,28	13,82	27,64
Умовна динамічна границя текучості, $P_{к2}$	1100,0	950,0	630,0	770,0
Міцність утвореного структурного каркасу, P_m	1490,0	1420,0	1070,0	1190,0
Міцність структурних зв'язків, $P_{к1}/P_{к2}$	0,77	0,67	0,59	0,64
Діапазон напружень, в яких відбувається руйнування структури, $P_m/P_{к1}$	26,9	25,6	77,4	43,05

З отриманих результатів, можна зробити висновок, що міцність структурних зв'язків досліджуваних тістових моделей різна: найміцніша структура тіста на цукрі білому, найслабша на фруктозі, додавання

лактозу у тісто на цукрі послаблює структуру, а на фруктозі навпаки зміцнює. Системи мають властивості структурованого твердого тіла. Відмінність у впливі цукрозамінників на реологічні показники тістових мас можна пояснити різною розчинністю та різною молекулярною масою цих речовин. Найбільшу розчинність має фруктоза [4], розчинність її на 17,6 % (за 20 °С) більша, ніж розчинність цукрози, а розчинність лактозу на 12,0 % (за 20 °С) більша, ніж розчинність цукрози, і на 4,7 % менша розчинності фруктози.

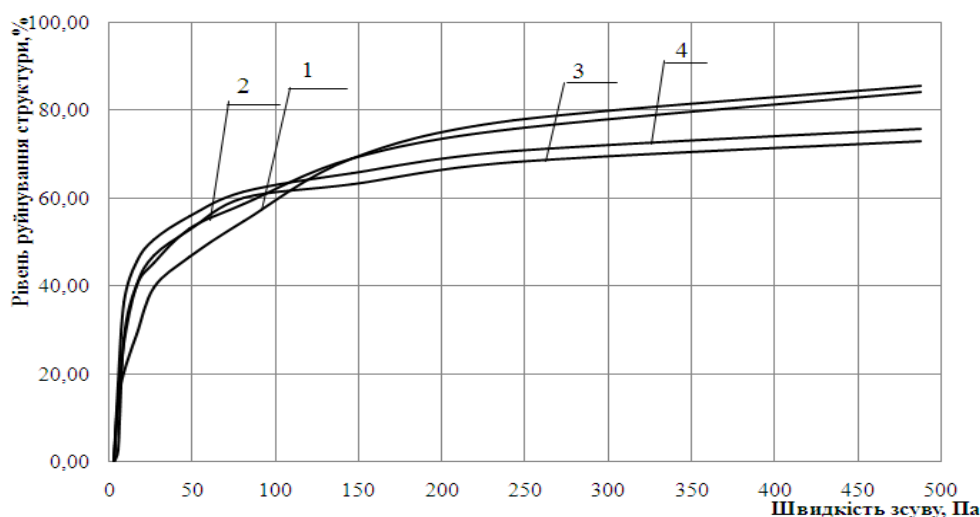
Проведені нами розрахунки показали, що для розчинення 68,3 г фруктози, виходячи з даних табл.1, потрібно 18,7 г води, для розчинення 65 г цукру білого – 31,8 г води. В модельних системах 1 та 3 вологість тіста однакова і дорівнює 24,9 %, і вміст водної складової дорівнює на цукрі білому 35 г, на фруктозі 33 г. Значить у моделі 3 кількість води $33,0 - 18,7 = 14,3$ г може брати участь у формуванні клейковинного комплексу, а у моделі 1 тільки $35 - 31,8 = 3,2$ г, тобто вільної води в структурі тіста на фруктозі на 22 % більше, ніж в тісті на цукрі. Ця вода і обумовлює послаблення структури тіста на фруктозі. Відповідний процес відбувається у тістових моделях з додаванням лактозу. Проведені нами розрахунки показали, що для розчинення суміші цукор білий і лактозу (52,5+5,1) потрібно 27,9 г води, а для розчинення суміші фруктоза і лактозу (63,2 +5,1) потрібно 19,5 г води, для приготування тіста з вологістю 24 % – моделі 1 та 2, потрібно вводити 35 г води, моделі 3 та 4, потрібно вводити 33 г води. Для формування структури тіста на цукрі білому залишається 3,2 г води, на суміші цукор білий і лактозу 7,1 г води, тобто вільної води, в структурі тіста на цукрі і лактозу вдвічі більше, ніж в тісті на цукрі. Ця вода і обумовлює послаблення структури тіста на цукрі і лактозі. Для формування структури тіста на фруктозі залишається 14,3 г води, тоді як на суміші фруктоза і лактозу 13,5 г води, тобто вільної води в структурі тіста на фруктозі і лактозі на 7 % менше, що і дає незначне зміцнення структури тіста.

За характером повних реологічних кривих в'язкості і течії робимо висновок, що досліджувані системи відносяться до коагуляційної піноподібної структури, які характеризуються невисокою міцністю, високою текучістю, здатністю до високоеластичної деформації.

З проведених досліджень встановлено, що структура тіста маффінів коагуляційно піноподібна, за рахунок наявності емульгаторів, які надають тісту піноподібної структури, воно є слабоструктурованим і легко піддається зовнішнім впливам, тому суттєве практичне значення має поведінка тіста маффінів під дією навантажень.

Нами були проведені дослідження і визначено рівень руйнування структури тістових мас маффіну відносно швидкості зсуву. Рівень руйнування структури характеризує величина α , що показує, яка частина структурної сітки від первинної, зруйнувалась під дією швидкості зсуву.

Результати досліджень представлені на рис. 3.



1 – цукрі білому, 2 – цукрі білому + лактозу, 3 – фруктоз, 4 – фруктоза+лактозу

Рис. 3 – Рівень руйнування структури тіста, %

Для аналізу процесу руйнування структури тіста, умовно поділимо процес руйнування на три зони: I – швидкість зсуву $0 \dots 50 \text{ c}^{-1}$, II – швидкість зсуву $50 \dots 250 \text{ c}^{-1}$, III – швидкість зсуву $250 \dots 450 \text{ c}^{-1}$

Аналіз отриманих даних показав, що у першій зоні при швидкості зсуву від 0 до 50 c^{-1} відбувається найбільше руйнування структури тіста, найбільш зруйнована структура тіста на фруктозі, становить 55 %, що на 16 % більше, ніж на цукрі білому. Рівень руйнування тіста на цукрі і лактулозі на 11,5 % більший, ніж на цукрі білому; на фруктозі і лактулозі на 4 % менший, ніж на фруктозі. У другій зоні, при швидкості зсуву від 50 до 250 c^{-1} , руйнування структури тіста відбувається значно плавніше і руйнується на цукрі білому на 30 %, на цукрі білому і лактулозі на 22 %, на фруктозі на 12 %, на фруктозі і лактулозі на 16 %. Тобто в другій зоні найбільшому руйнуванню структури тіста піддається тісто на цукрі білому. Аналізуючи третю зону при швидкості зсуву від 250 до 450 c^{-1} , ми спостерігаємо, що руйнування структури тістових мас маффінів сповільнюється і руйнується в межах 3-8 %. Результати досліджень показують, що тістові маси на цукрі білому у першій зоні руйнуються найменше, а при збільшенні швидкості зсуву збільшується рівень руйнування структури. Тістові маси на фруктозі найлегше руйнуються у першій зоні, а при збільшенні швидкості зсуву руйнування структури сповільнюється. Додавання лактулози у зразки на цукрі білому зменшує стійкість до руйнування структури при швидкості зсуву від 0 до 50 c^{-1} , при збільшенні швидкості зсуву підвищує стійкість до руйнування структури. Додавання лактулози у зразки на фруктозі підвищує стійкість до руйнування структури. Одже, для кращого збереження структури тіста під час формування виробів, тістові маси маффінів потрібно збивати зі швидкістю зсуву не більше 50 c^{-1} .

Таблиця 3 – Рівень зруйнованої структури тіста відносно швидкості зсуву

Маффіни на основі	Рівень зруйнованої структури,%		
	I $0...50 \text{ c}^{-1}$	II $50...250 \text{ c}^{-1}$	III $250...450 \text{ c}^{-1}$
Цукорі білому	0-46,0	47,0-77,0	78,0-85,0
Цукору+лактоза	0-52,0	53,0-75,0	76,0-84,0
Фруктозі	0-55,0	56,0-68,0	69,0-72,0
Фруктозі+лактоза	0-53,0	54,0-70,0	71,0-75,0

Висновок

У результаті проведених досліджень встановлено, що структура тіста маффінів коагуляційно-піноподібна, слабоструктурована, яка легко піддається зовнішнім впливам. Структура тіста маффінів суттєво відрізняється від структури тіста кексів і бісквітів за рахунок використання рослинних олій у кількості 15 % до маси сировини і додаткового введення емульгаторів. Цукрозамінники фруктоза і лактулоза суттєво впливають на структурно-механічні властивості тістових мас, які відрізняються від дії цукру білого: фруктоза послаблює структуру тістових мас маффінів, лактулоза послаблює структуру тістових мас на цукрі білому і зміцнює структуру тіста на фруктозі.

Література

1. Державний стандарт Росії ГОСТ Р 82349-2005.
2. Дорохович А.Н. Лиман Н.П. Оптимизация химического состава маффинов – нового вида кондитерских изделий. //Тези VII Международной конференции студентов и аспирантов //, 22-23.04.2010, Могилев, С.113
3. Духу Т. А. Разработка технологии сахарного печенья функционального назначения : автореф. на соискание науч. степени кандидата техн. наук. – М. : МГУПП, 2004. – 20 с.
4. Дорохович А. Н. Сахарозаменители, их преимущества и недостатки с позиции применения при производстве кондитерских изделий / А. Н. Дорохович, О. М. Яременко, В. В. Дорохович // Продукты & Ингредиенты. – 2007. – № 3. – С. 24–26.
5. Храмов А.Г., Евдокимов И.А., Рябцева С.А., Серов А.В. Лактулоза: мифы и реальность. Ставрополь, СевКавГТУ, 1999 г.
6. Гораздовский Т.Я. Исследование реологических свойств кондитерского теста // Коллоидный журнал – 1982. – Т. XIV. Вып. С – С.408 – 413.

ЗБАГАЧЕННЯ МАФІНІВ ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ

Самохвалова О.В., канд. техн. наук, доцент, Касабова К.Р., аспірант
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

Розглянуто теоретичні та практичні аспекти створення технологій борошняних кондитерських виробів, зокрема мафінів, збагачених харчовими волокнами. Запропоновано використання бурякових волокон освітлених і неосвітлених для виготовлення мафінів зі зниженою енергетичною та підвищеною харчовою цінністю.

Theoretical and practical aspects of creating technologies of firanceous confectionary products, muffins in particular, which are enriched by dietary fibers. Use of beet fibers both clarified and unclarified, for the manufacture of muffins with the reduced energetic and the increased nutritive value is suggested.

Ключові слова: харчові волокна, борошняні кондитерські вироби, мафіни, бурякові волокна

Постановка проблеми у загальному вигляді. Борошняні кондитерські вироби (БКВ) користуються великим попитом у споживачів, оскільки мають естетичний вигляд, приємні смак і запах, та відносно невелику вартість. Торти, тістечка, рулети, печиво посідають значне місце у харчуванні населення України. Останнім часом усе більшого розповсюдження на вітчизняному ринку борошняних кондитерських виробів набуває новий вид продукції – мафіни. Це вироби англо-американського походження, що, зазвичай, випікаються у формах, часто паперових, і мають невелику масу (60...70 г). Принципово технологія кексів і мафінів не відрізняється, щоправда останні виготовляються з меншим вмістом жиру і цукру. Асортимент мафінів налічує декілька десятків видів і умовно поділяється на солодкі й несолодкі, з начинками (джемом, повидлом, допінами, кремами), а також різноманітними добавками до тіста (ізомом, ягодами, горіхами, шоколадом тощо).

Проте мафіни, як більшість борошняних кондитерських виробів, мають підвищені енергетичну цінність і вміст легкозасвоюваних вуглеводів та не містять харчових волокон (ХВ). Їх нестача у раціоні людини, як правило, призводить до виникнення багатьох захворювань, а саме: до порушення обміну речовин, надлишкової ваги, цукрового діабету, атеросклерозу та інших. Необхідна кількість ХВ, сприяє профілактиці хронічних інтоксикацій, виводить з організму важкі й токсичні елементи, пестициди, радіонукліди, нітрати, нітрити, і таким чином, відбувається процес очищення організму від холестерину та нормалізується апетит [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З кожним роком збільшується потреба випуску спеціальних дієтичних, а також функціональних БКВ, призначених для постійного вживання усіма віковими групами здорового населення, які знижують ризик розвитку захворювань, що пов'язані з харчуванням, зберігають або поліпшують здоров'я людини [2].

Дослідниками НУХТ розроблено технології нових видів мафінів зі зниженою калорійністю та глікемічністю для хворих на цукровий діабет, а також з використанням аглютенових видів борошна (рисового, гречаного, кукурудзяного, соєвого, горохового) для хворих на целиацію [3].

Нетрадиційним видом сировини для виготовлення мафінів для «здорового харчування» є рослинні харчові волокна, які отримані з відходів виробництва. На сьогодні завдяки своїй доступності та відносно невеликій собівартості найбільшого застосування у технологіях борошняних кондитерських виробів набули ХВ, джерелом яких є висівки зернової сировини, овочеві, фруктові та виноградні порошки, пасти, концентрати, шроти олійних та технічних культур тощо [4].

Перспективним видом харчових волокон, урахувуючи об'єми виробництва цукру в нашій країні, можуть бути бурякові волокна. Вони виділяються з відходів цукрового виробництва – бурякового жому, і містять до 87 % комплексу рослинних біополімерів, а саме целюлози, пектину та геміцелюлоз [5]. Відомо, що пектинові волокна, які складають майже половину від усіх харчових бурякових волокон, за своїми фізико-хімічними властивостями є кращим природним адсорбентом – комплексоутворювачем стосовно важких металів, радіонуклідів, залишкових пестицидів [4]. Використання бурякових волокон у технології мафінів є актуальним, особливо враховуючи можливість налагодження їх виробництва на одному з цукрових заводів Харківської області.

Мета та завдання статті. Дослідити можливість використання бурякових волокон освітлених і неосвітлених у технології мафінів і визначити їхній вплив на органолептичні та фізико-хімічні показники якості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами використовувалися бурякові волокна неосвітлені й освітлені за ТУ 9112-0001-05122481-09 «Волокна бурякові (з цукрового буряка)», надані ТОВ «Сахав-

томат» [6]. Бурякові волокна, отримані в промислових умовах на ВАТ «Каневсксахар», Росія, Краснодарський край, станція Канівська і відповідали вимогам нормативної документації (табл. 1).

Таблиця 1 – Органолептичні і фізико-хімічні показники бурякових волокон

Показник	Значення та характеристика	
	неосвітлені бурякові волокна	освітлені бурякові волокна
Масова частка сухих речовин, % не менше	87	87
Масова частка целюлози, %	23...28	23...28
Масова частка лігніну, %	7...9	7...9
Пектин-целюлозний комплекс, %	42...45	42...45
Масова частка білків, %	6...9	6...8
Масова частка мінеральних речовин, %:		
К	4...5	4...5
Na	0,2	0,2
Ca	0,4	0,4
Mg	0,8	0,8
P	0,4	0,4
Р	0,25	0,25
Енергетична цінність, ккал/100 г	55...60	55...60
Буряковий запах, присмак, смак	слабо виражений	відсутній
Колір	сірий	світло-бежевий
pH водної витяжки	6,5	4,3...4,6
Середній розмір часточок	0,150 мм	0,150 мм

Бурякові волокна вводилися під час замішування тіста у сухому вигляді у суміші з борошном пшеничним вищого гатунку. Їх додавали в кількості 5,0; 10,0; 15,0 % із заміною пшеничного борошна.

Результати досліджень фізико-хімічних показників якості мафінів із додаванням волокон бурякових наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники якості мафінів з додаванням бурякових волокон

Показник	Характеристика показників зразків мафінів із додаванням бурякових волокон, % із заміною пшеничного борошна						
	контроль (без добавки)	неосвітлених			освітлених		
		5,0	10,0	15,0	5,0	10,0	15,0
Вологість, %	29,3	29,7	30,2	30,4	29,3	29,5	29,4
Пористість, %	57,0	55,0	54,0	52,0	56,0	55,0	53,0
Питомий об'єм, см ³ /г	2,4	2,3	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2

Вологість зразків мафінів з додаванням неосвітлених волокон дещо вища за контроль, урахувавши що під час збільшення кількості волокон від 5,0 до 15,0 % вологість зростає від 1,3 до 3,8 %. Додавання освітлених волокон також сприяє підвищенню вологості мафінів, але дещо меншим чином, що пояснюється їх меншою водопоглинальною здатністю порівняно з неосвітленими волокнами.

Пористість виробів незначно зменшується зі збільшенням кількості волокон від 5,0 до 15,0 %, як неосвітлених, так і освітлених. Краща пористість спостерігається у зразків мафінів з додаванням освітлених волокон у кількості (5,0...10,0) % до маси борошна. Питомий об'єм виробів виготовлених з буряковими волокнами не суттєво відрізняється від контрольного зразка.

За органолептичними показниками якості (табл. 3) зразки мафінів у всіх кількостях досліджуваних добавок не поступаються контрольному зразку. Слід зазначити, що використання неосвітлених бурякових волокон надає мафінам приємного фруктового смаку і запаху. Під час використання освітлених волокон у всіх дослідних кількостях смак і запах буряка майже не відчуються. Неосвітлені волокна мають значний вплив на колір мафінів. Зі збільшенням їх кількості він змінюється від золотистого до коричневого. Під час додавання освітлених волокон подібне забарвлення м'якушки мафінів не спостерігається.

Таблиця 3 – Органолептичні показники якості мафінів з додаванням бурякових волокон

Показник	Характеристика показників зразків мафінів з додаванням бурякових волокон, % із заміною пшеничного борошна						
	Контроль (без добавки)	неосвітлених			освітлених		
		5,0	10,0	15,0	5,0	10,0	15,0
Зовнішній вигляд	Форма правильна, без підривів	Форма правильна, без підривів	Форма правильна, без підривів	Форма правильна, з невеликими підривами	Форма правильна, без підривів	Форма правильна, без підривів	Форма правильна, з невеликими підривами
Колір	Скоринки – золотистий, м'якушки – світло-жовтий	Скоринки – світло-коричневий, м'якушки – світло-коричневий	Скоринки – коричневий, м'якушки – світло-коричневий	Скоринки – темно-коричневий, м'якушки – коричневий	Скоринки – золотистий, м'якушки – світло-жовтий	Скоринки – золотистий, м'якушки – світло-жовтий	Скоринки – бежевий, м'якушки – жовтий
Запах	Властивий виробам	З ледве відчутним фруктовим ароматом	Яскраво виражений, приємний фруктовий запах	Яскраво виражений, приємний фруктовий запах	Приємний, без сторонніх запахів	Приємний, без сторонніх запахів	Приємний фруктовий запах
Смак	Приємний, солодкий, без сторонніх присмаків	Приємний, солодкий, наповнений, без сторонніх присмаків	Приємний, солодкий, наповнений, з фруктовим присмаком	Приємний, солодкий, наповнений, з фруктовим присмаком	Приємний, наповнений, без сторонніх присмаків	Приємний, наповнений, без сторонніх присмаків	Приємний, солодкий, наповнений, з фруктовим присмаком

Кращі органолептичні показники якості мають зразки мафінів з додаванням (5,0...10,0) % волокон як освітлених, так і неосвітлених. Збільшення кількості волокон неосвітлених до 15,0 % призводить до погіршення органолептичних властивостей виробів.

Висновки. Встановлено, що додавання бурякових волокон освітлених і неосвітлених у технології мафінів дозволяє отримати продукцію з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості, а також зниженою енергетичною та підвищеною харчовою цінністю. При цьому раціональною кількістю освітлених та неосвітлених бурякових волокон є (5,0...10,0) % із заміною борошна пшеничного. Внесення досліджуваної добавки у технологію мафінів дозволяє збагатити їх харчовими волокнами, надати їм приємний смак та аромат.

Література

1. Дудкин, М. С. Новые продукты питания [Текст] / М. С. Дудкин, Л. Ф. Щелкунов. – М. : Наука, 1998. – 304 с.
2. Технологічні аспекти створення хлібобулочних і кондитерських виробів спеціального призначення [Текст] / Г. М.Лісюк, С. Г.Олійник, О. В.Самохвалова, З. І. Кучерук // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1. – С. 25–30.
3. Дорохович, А. Н. Маффин – новый вид мучных кондитерских изделий на рынке Украины [Текст] / А. Н. Дорохович, Н. П. Лиман // Продукты и ингредиенты. – 2009. – № 10. – С. 12–13.
4. Пищевые волокна в производстве кондитерских изделий (обзор) [Текст] / Л. Н.Сидорова, З. Г. Скобельская, Н. В. Головенко // Кондитерское производство. – 2008. – № 2. – С.18–20.
5. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки / Н. В. Демина, Л. В. Донченко, С. Е. Ковалева // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – № 21 (05). – Режим доступа: <<http://ej.kubagro.ru/2006/05/pdf/40.pdf>>.
6. ТУ 9112-0001-05122481-09. «Волокна свекловичные (из сахарной свеклы)».

ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОКОЛОЇДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Самойленко І.П., аспірант, Корецька І.Л., доцент, Ковалевська Є.І., доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Досліджено гідрофільні властивості різних гідроколоїдів. Вивчено вплив камеді гуару, камеді ксантану та камеді рожкового дерева на ціноутворення та стабільність піни. Визначено концентрацію додавання камедей для покращення якісних властивостей бісквітного напівфабрикату.

Investigated the hydrophilic properties of various hydrocolloids. The effect of guar gum, xanthan gum and carob gum on pricing and foam stability. Investigated the concentration of adding gums to improve the qualitative properties of biscuits.

Ключові слова: бісквітний напівфабрикат, камеді, ціноутворення, стабільність піни.

В останні роки борошняні кондитерські вироби (БКВ) займають перше місце за продажами серед усіх кондитерських товарів. В умовах жорсткої конкуренції існує постійна необхідність у покращенні товарних властивостей виробів. Важливими показниками є ціна, товарний вигляд, якість пакування та дизайн, енергетична і біологічна цінність, функціональний напрямок. Проте, головними ознаками для всіх кондитерських виробів, що мають вагомий вплив на конкурентоспроможність товару, є ціновий фактор та якість і безпечність виробу протягом гарантійного терміну зберігання. Останнім часом виробників все більше турбує питання подовження терміну зберігання харчових продуктів, оскільки цей фактор несе відбиток як у якісному, так і в економічному аспекті.

Спираючись на аналіз ринку кондитерських виробів, було з'ясовано, що найбільш питомою є все ж таки група борошняних виробів і значнішим попитом користуються бісквітні рулети, торти, тістечка. Але недоліком цих виробів є те, що бісквітний напівфабрикат, який є основою цих виробів, має короткий термін реалізації. Додавання інгредієнтів природного походження, які могли б попередити черствіння бісквіту, могло б зацікавити виробників кондитерських виробів.

Сьогодні випускається цілий ряд борошняних профілактичних продуктів (хлібобулочні вироби, крекери, галети і т. д.), рецептури яких включають галактоманани. В результаті досліджень стало відомо, що внесення гідроколоїдів приводить до незначного скорочення тривалості вистоявання тіста, зменшення його еластичності та покращення формостійкості подових виробів. Встановлено, що при додаванні гідроколоїдів випечені борошняні вироби довше зберігають свіжість і структурно-механічні характеристики м'якушки змінюються значно повільніше [1].

В останні роки велика увага приділяється розробленню стабілізаційних систем, які складаються з декількох компонентів, наприклад згущувача, стабілізатора та емульгатора. Залежно від виду харчового продукту, його консистенції, технології виробництва, умов зберігання якісний склад та співвідношення компонентів можуть бути різні. Для вибору гідроколоїда слід брати до уваги багато факторів: необхідну в'язкість, драглеутворювальну та емульсійну здатність, швидкість гідратації, дисперсність, смак, умови обробки, а також вартість інгредієнта. Як правило, це продукти рослинного походження, вони використовуються у концентраціях нешкідливих для організму людини. Деякі з них застосовуються для виробництва харчових продуктів дієтичного, лікувального та спеціального призначення. Це зумовлює тенденцію відмови від інгредієнтів хімічної природи в харчових продуктах та заміни їх добавками нетваринного походження, що мають подібні властивості [2, 3].

Одним із найпоширеніших гідроколоїдів є ксантанова камедь. Реологічні властивості її розчинів унікальні, що робить її особливо цінним стабілізатором і загусником при виробництві рідкої продукції, паст і сиропів. При перемішуванні маси в'язкість знижується пропорційно інтенсивності перемішування (швидкість деформації), і при знятті навантаження першопочаткова надмолекулярна структура відновлюється [4].

Ксантанова камедь може бути використана як окремий компонент, так і в суміші з іншими стабілізуювальними і загущувальними полісахаридами. Використання її у продукті забезпечує хорошу текстуру і органолептичні показники, запобігає утворенню синерезису.

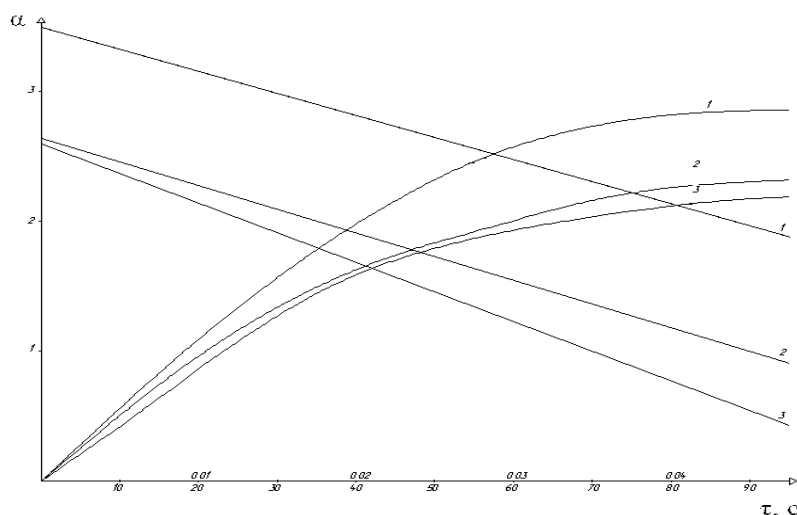
Підставами для впровадження будь-яких поліпшувачів слугують обґрунтовані дослідження, які в тій чи іншій мірі встановлюють механізм дії тієї чи іншої речовини і доводять доцільність її застосування.

Що стосується бісквітного напівфабрикату, то, маючи дані, що характеризують напрямок зміни білкових речовин, вуглеводів, а також ціноутворювальної здатності та її стійкості, можна успішно використовувати той чи інший гідроколоїд у чистому вигляді або в суміші з іншими речовинами.

Для вивчення механізму дії гідроколоїдів на різних етапах приготування бісквітного напівфабрикату ми визначили гідрофільність, ступінь граничного набухання, кількість зв'язаної води гідроколоїдів, а також встановили залежність ціноутворення та стабільність білкової піни при додаванні різної кількості гідроколоїдів.

Відомо, що галактоманани здатні набухати і зв'язувати воду в кількостях, що в декілька разів перевищують їх власну масу, а також взаємодіяти з іншими структурними компонентами харчових систем.

Для визначення гідрофільності та ступеня граничного набухання провели дослід, використовуючи камедь ксантанову, камедь гуарову, камедь рожкового дерева.



1 – камедь гуару, 2 – камедь рожкового дерева, 3 – камедь ксантану

Рис. 1 – Криві набухання камедей

Графічне набухання визначають графічним розв'язком рівняння швидкості набухання (1). Спочатку за експериментальними даними будують криву кінетики набухання в координатах $\alpha - \tau$. Потім для декількох значень α знаходять швидкість набухання da/dt , як тангенс кутів нахилу дотичних до кривої. Другий графік будують в координатах набухання – швидкість набухання $\alpha = f(da/dt)$. Відрізок, відокремлений прямою на осі ординат відповідає значенню рівноважної максимальної кількості поглиненої рідини.

З рисунка видно, що гуарова камедь зв'язує найбільшу кількість вологи і має також найбільшу гідрофільність, що добре узгоджується з дослідом щодо набухання гідроколоїдів.

Індикаторно-рефрактометричним методом (індикатор сахароза) визначили гідрофільність W і кількість зв'язаної води для досліджуваних гідроколоїдів.

Таблиця 1 – Визначення гідрофільності камедей

Найменування	α_{max}	Кількість зв'язаної вологи, г	$W, \%$
Камедь гуарова	3.6	1.11	630
Камедь ксантанова	2.6	1.098	584
Камедь рожка	2.64	1.108	601

При виробництві бісквітного напівфабрикату для введення в маси повітря застосовують збивання. Для полегшення процесу збивання і отримання більш стійких піл традиційно вводять поверхнево-активні речовини, які на поверхні розділу фаз знижують їх поверхневий натяг. Піни, як відомо, є комірчастоплінчастими дисперсними системами, утвореними великою кількістю пухирів газу, розділених тонкими прошарками рідини.

Ціноутворення та стабільність піни – один із найважливіших показників якості майбутнього бісквітного напівфабрикату, оскільки розпушення бісквіту найчастіше відбувається механічним способом. При

приготуванні бісквіту дисперсною фазою є повітря, а дисперсійним середовищем – цукрово-яєчний золь, здатний переходити в гель. Піни, на відміну від емульсій, – структуровані системи. Через низький вміст сухих речовин і невисоку в'язкість піноподібні маси є нестійкими системами і швидко руйнуються.

Сучасні технології збивання бісквітних мас передбачають негайне транспортування готового тіста для формування тістових заготовок. При перекачуванні тіста якість піни погіршується. Подальше дослідження впливу гідроколоїдів на якість та стійкість піни проводили з метою надання напівфабрикату стабільності й можливості його транспортування.

При проведенні дослідів посилалися на метод вивчення піноутворювальної здатності, але для дослідження цього показника в технологічному аспекті готували модельні зразки, використовуючи цукрово-білкову масу. Стійкість піни встановлювали шляхом вирахування часу, що пройшов після збивання до першого прояву розділення фаз.

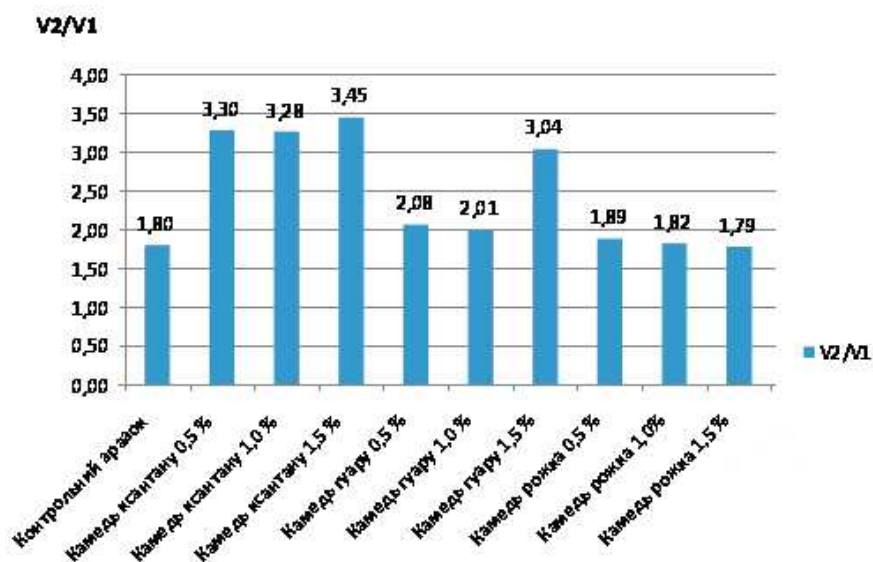


Рис. 2 – Порівняльна характеристика ціноутворення різних гідроколоїдів

З наведених даних видно, що найбільший ступінь ціноутворення мають зразки з ксантановою камеддю. У концентрації 0,5 % ціноутворення збільшується на 94 % в порівнянні з контролем; у концентрації 1,0 % – на 200 %; і в концентрації 1,5 % – на 220 % відповідно.

Вивчаючи стійкість піни зразків, що мають у своєму складі гідро колоїд, з'ясували, що при внесенні камеді ксантанової вже в концентрації 0,5 % до маси білка розділення фаз не відбувається протягом 4 діб. Камедь гуарова також стабілізує систему, але набагато слабкіше у порівнянні з камеддю ксантановою (найбільшу стійкість має зразок піни з концентрацією 1,5 % – 4 години). Додавання камеді рожкового дерева концентрацією 0,5 % майже не проявляє стабілізуючих властивостей, а зі збільшенням концентрації ця властивість зростає слабо.

Висновки

У результаті проведених досліджень з'ясували, що при використанні гідроколоїдів бісквітні тістові маси мають кращі якісні показники, а після випікання мають більш пухку структуру. Дані дослідження були використані при розробці бісквітних напівфабрикатів. На новий вид бісквітного напівфабрикату розроблена нормативно-технічна документація.

Література

1. Грищенко А.М., Удворгелі Л.І., Ковалевські Є.І. Дослідження структурно-механічних властивостей безбілкового тіста з камедями гуару і ксантану / Харчова наука і технологія.– 2010. – № 1 – С 63-65.
2. Кирьянова А.А., Корецкая И.Л. Использование гидроколлоидов в производстве кондитерских изделий / Хлебопекарское и кондитерское дело. – 2009. – № 4. – С 38-40.
3. Нечаев А.П. Пищевая химия. – Санкт-Петербург: Гиорд, 2004. – 640 с.
4. Матц С.А. Структура и консистенция пищевых продуктов: Пер. с англ. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 238

ВПЛИВ АГЛЮТЕНОВОГО БОРОШНА НА КІНЕТИКУ ВИПІКАННЯ КЕКСІВ

Дорохович В.В., д-р техн. наук

Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

Ковбаса В.М., д-р техн. наук, професор

Національний університет харчових технологій, м. Київ

Встановлено, що механізм випікання кексів на аглютиновому борошні аналогічний випіканню кексів на пшеничному. Тривалість випікання кексів на гречаному та кукурудзяному борошні більша ніж на пшеничному, а на рисовому відповідає кексу на пшеничному. Розроблені кекси можна рекомендувати для споживання хворим на целиакію.

Was established that the baking mechanism of cupcakes with agglutinate flour similar to cupcakes with wheat flour. Baking time for cupcakes with buckwheat and corn flour more than wheat one, while cupcakes with rice flour is similar to wheat one. Developed cupcakes can be recommended for sick on celiac disease.

Ключові слова: аглютенове борошно, целиакія, кінетика випікання, кекси.

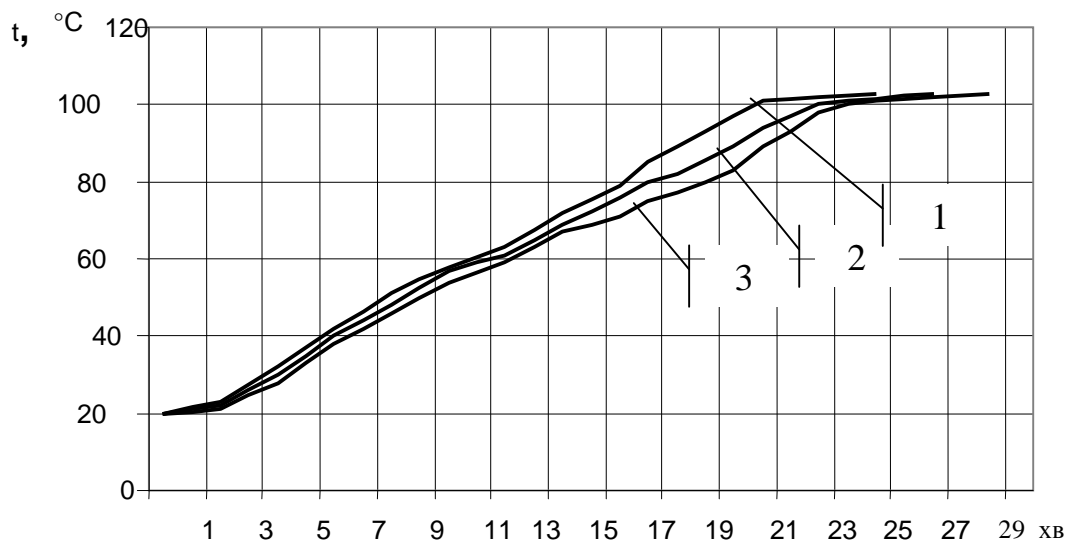
Умови життя сучасної людини – психологічні навантаження, недостатня фізична активність, зниження якості харчових продуктів призводять до погіршення харчового статусу населення, послаблення імунітету, збільшення кількості хронічних неінфекційних захворювань, зменшення тривалості життя. Існує тенденція до збільшення хворих на целиакію, у Швеції щороку реєструється один випадок захворювання на целиакію на 270 осіб, в Австрії – на 476, у Франції – на 200 осіб [1]. В Україні поки що недостатньо проводять діагностику захворювання на целиакію. Однак, за підрахунками фахівців Всеукраїнської спілки целиакії, лише в Києві близько 30 тис хворих.

Харчування хворих на целиакію потребує особливих підходів. Ця хвороба провокується вживанням у їжу продуктів, які містять глютен, тобто споживання традиційних борошняних виробів, що виготовлені на глютенівому борошні, хворим на целиакію заборонено. Вживання навіть 100 мг глютенівого пшеничного борошна викликає ті самі атрофічні процеси слизової кишки, що й батон білого хліба [2]. При захворюванні на целиакію страждають усі види обміну речовин, насамперед білковий. Порушення всмоктування ліпідів та вуглеводів позначаються на енергетичному метаболізмі. Порушення всмоктування кальцію та вітаміну Д призводить до розвитку остеопорозу і формування рахітоподібних деформацій кісткової системи. Ушкоджена слизова оболонка перештає бути надійним бар'єром для всмоктування шкідливих для організму сполук, вони проникають у кров хворого, викликаючи інтоксикацію. Білково-вітамінна недостатність часто призводить до розвитку вторинного імунодефіциту (часті гострі респіраторні вірусні інфекції, фурункульоз та ін.), внаслідок порушення кишкової проникності відбувається всмоктування алергенів. [3, 4]. Хворим на целиакію рекомендована безглютенова дієта, яка поступово допоможе відновити ушкоджену частину кишечника [5]. Зважаючи на зазначене вище, актуальним є розроблення технології борошняних кондитерських виробів із застосуванням різних видів аглютенового борошна.

У цій роботі ми досліджували вплив аглютенового борошна на кінетику випікання кексів та встановлювали раціональні параметри випікання.

Термооброблення є завершальним етапом виробництва, на якому закінчується формування органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних показників, які обумовлюють якість готового продукту. Головною метою цього процесу є термооброблення тістової заготовки за якомога короткий час та оптимальної температури навколишнього середовища (пекарної камери), що сприяє наданню виробам високих показників якості і найменших витрат енергоресурсів. Рецептний склад кексів, а саме застосування аглютенового борошна впливає на процеси, що відбуваються під час термообробки. З метою визначення тривалості випікання кексів на аглютеновому борошні проведено дослідження визначення зміни температури центральних шарів тістових заготовок. Дослідження проводили за допомогою потенціометра та хромель-капелевих термопар, закінчення процесу випікання фіксували при досягненні центральних шарів тіста-кексу (103...104) °С. Механізм термічного оброблення борошняних кондитерських виробів відбувається таким чином: тістова заготовка надходить у піч і прогрівається. Внаслідок низької теплопровідності тіста прогрівання центральних шарів відстає від поверхневих, і тоді створюється перепад температур, тобто температурний градієнт ∇t , одночасно відбувається відділення вологи з поверхні, а волога центральних шарів не змінюється, що сприяє утворенню градієнта вологовмісту ∇U [6].

Нами встановлено (рис. 1), що механізм прогріву тістових заготовок на різних видах аглютенного борошна аналогічний механізму прогріву тіста-кексу на пшеничному борошні. Спостерігається відмінність у тривалості випікання кексів на різних видах борошна. Так, тривалість випікання кексів на гречаному борошні збільшується на 15 %, на кукурудзяному на (8...9) %, тривалість випікання кексів на рисовому є такою самою, як і тривалість випікання кексів на пшеничному борошні.



1 – пшеничному та рисовому, 2 – кукурудзяному, 3 – гречаному

Рис 1 – Кінетика випікання кексів на різних видах борошна

Різна тривалість випікання, на нашу думку, пояснюється низкою причин. Важливим фактором, який обумовлює тривалість випікання, є густина тіста. Густина тіста на гречаному борошні на 8 %, а на кукурудзяному борошні на 2 % більша, ніж на пшеничному; густина тіста на рисовому борошні на 6 % менша, ніж на пшеничному (рис. 2). Встановлено [6], що переміщення вологи відбувається під впливом повітря (газоподібної фази). Під час нагрівання заготовок повітря в порах розширюється і пружність водяних парів зменшується. Тоді повітря, що розширюється, проштовхує рідину до шарів з нижчою температурою.

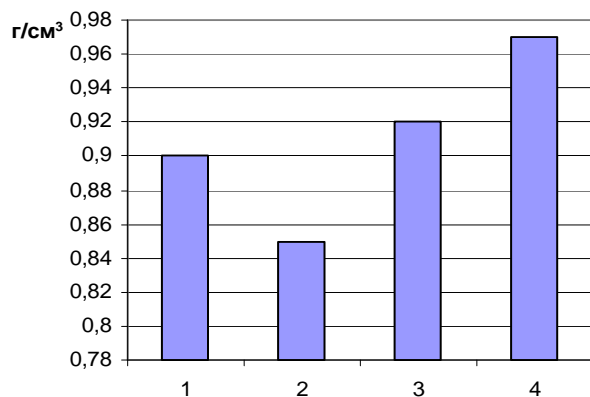


Рис. 2 – Густина тіста кексу на:

1 – пшеничному борошні; 2 – рисовому борошні;
3 – кукурудзяному борошні; 4 – гречаному борошні

Різницю в тривалості випікання кексів на різних видах аглютенного борошна можна також пояснити різною теплоємністю тіста. Коли тістову заготовку борошняних кондитерських виробів поміщають у пекарню камеру, вона відразу контактує з теплим повітрям і починається процес випаровування вологи з поверхні виробу в навколишнє середовище, тобто відбувається зовнішня дифузія. Випаровування вологи з поверхні матеріалу в навколишнє середовище обумовлює перепад вологості між внутрішніми і поверхневими шарами, а це викликає переміщення вологи до поверхневих шарів, тобто відбувається внутрішня дифузія.

перепад вологості між внутрішніми і поверхневими шарами, а це викликає переміщення вологи до поверхневих шарів, тобто відбувається внутрішня дифузія.

Якщо напрями градієнта вологовмісту і температурного градієнта збігаються, тоді збігається напрям відповідних потоків, які в сумі дають загальний потік вологи. Якщо напрями градієнта вологовмісту і температурного градієнта не збігаються, тобто вони мають протилежні знаки, напрям потоку вологи буде залежати від кількісного співвідношення сил вологопровідності і термовологопровідності. Якщо значення термовологопровідності буде більшим від вологопровідності, що характерно для процесу випікання кексів, волога переміщується в напрямі потоку тепла, переборюючи опір вологопровідності.

Рух вологи під дією термовологопровідності в колоїдних капілярно-пористих тілах, до яких належать тістові заготовки кексів, складається з молекулярної термодифузії вологи, капілярної провідності, обумовленої зміною капілярного потенціалу і пропорційною поверхневою натягові. Поверхневий натяг з підвищенням температури зменшується, і тому волога у вигляді рідини переходить із шарів з вищою температурою до шарів з більш низькою температурою. У разі радіаційно-конвективного обігріву ∇t і ∇U будуть мати протилежні знаки. У перший період термооброблення, що характерно для процесу випікання, $\nabla t > \nabla U$ і волога під впливом ∇t буде переміщуватися в напрямі температурного градієнта. По мірі прогрівання заготовки різниця між ∇t і ∇U буде зменшуватися, і настає момент, коли значення градієнтів вирівнюється [6]. Це відповідає закінченню процесу випікання.

Значне уповільнення випікання кексу на гречаному борошні пояснюється також більшими ендотермічними витратами, що, на нашу думку, пов'язано з тим, що у гречаному борошні вміст білка більший (12,6%), ніж у пшеничному (10,3%) та рисовому (7,3%) борошні [7].

Цікаві дані отримано при дослідженні випікання кексу на рисовому борошні. Встановлено, що під час випікання кексу на рисовому борошні не відбувається підриву скоринки на верхній поверхні, як під час випікання кексів на пшеничному. Ймовірно, це пов'язано з тим, що скоринка у такому кексі має більш порувату структуру. Порувата структура скоринки дозволяє в процесі випікання виділятися продуктам розкладу хімічних розпушувачів і водяним парам, що утворилися в процесі випікання, а це запобігає розриву верхньої поверхні.

Висота максимального підйому кексу на рисовому борошні відповідно менша, ніж на пшеничному, тому що газоподібні речовини, шукаючи вихід, концентрувались у центрі і це сприяло більшому росту заготовки саме на цій ділянці. У кексах на рисовому борошні підйом тіста відбувався більш рівномірно. На рис. 3 наведені фронтальні проекції поля росту заготовок у процесі випікання кексу на рисовому та пшеничному борошні.

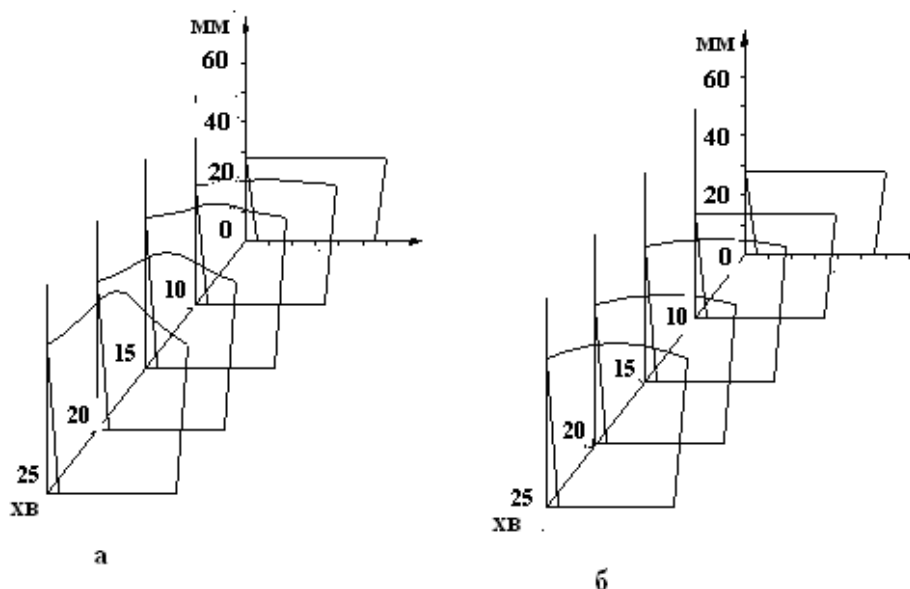


Рис. 3. Фронтальні симетричні проекції поля росту заготовок на а - пшеничному борошні, б-рисовому борошні

Нижні шари тіста-кексу піднімаються гірше, ніж верхні. Головною причиною такого явища є різний гідростатичний тиск. Також визначено, що бокові шари (ті, що ближче до металевої поверхні форм) піднімаються гірше, ніж центральні шари. Причиною є більш швидке утворення скоринки, яка запобігає росту

заготовки. Збільшення об'єму внаслідок підвищення тиску водяної пари у разі збільшення температури обмежене структурою тіста. Розвинення пористої структури за рахунок збільшення об'єму газу відбувається доти, поки гелева матриця з крохмалю та білків не стабілізується. Завжди існує деяке обмеження величини збільшення об'єму внаслідок злиття пухирців газу, що сприяє утворенню менш пористої структури. На збільшення об'єму заготовок впливає швидкість розкладу хімічних розпушувачів, швидкість теплопередачі. Обидва фактори сприяють збільшенню кількості крупних пухирців, які менш міцні, ніж дрібні. Тому термооброблення потрібно проводити таким чином, щоб більше утворювалося дрібних пухирців, внаслідок чого пористість готового виробу буде більш розвинутою та рівномірною.

Висновки. За результатами проведених досліджень визначено раціональні параметри випікання кексів на різних видах аглютенного борошна: температура пекарної камери 200 °С, тривалість для кексів на рисовому борошні (25,0...25,5) хв, кукурудзяному (27,0...27,5) хв, гречаному (29,0...29,5) хв.

Література

1. Ventura A. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. – P. 67-72.
2. Troncone R., Maurano F., Lovine G. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. – P. 7-12.
3. Лечебно-профилактические продукты на зерновой основе для детей, больных целиакией и пищевой аллергией / С.С. Хованская, Н.В. Дремина, С.В. Санина и др. // тр. участн. I Междунар. конф. [«Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания»]. – М.: Пищепромиздат, 1997. – С. 288-292.
4. Collin P., Kaukinen K. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. – P. 89-91.
5. Руководство по лечебному питанию детей ; под ред. К.С. Ладодо. – М.: Медицина, 2000. – 384 с.
6. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 523 с.
7. Химический состав пищевых продуктов : Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов ; под ред. проф. И.М. Скурихина и проф. М.Н. Волгарева. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

УДК 664.858.011 : 579.6.016

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДА С СИНБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Коркач А.В., канд. техн. наук, доцент, Егорова А.В., канд. техн. наук, доцент,
Кеслер М., магистрант

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В работе дана характеристика функционального питания, показана возможность применения про- и пребиотиков в технологии желейного мармелада, рассмотрены вопросы микрокапсулирования бифидобактерий и приведены показатели качества опытных образцов желейного мармелада.

Functional food characteristics and possible use of pro- and prebiotics in technology of jelly marmalade are shown, the issues of bifidobacteria microencapsulation are discussed and the quality of synbiotic jelly marmalade prototypes are provided in this article.

Ключевые слова: функциональное питание, пробиотики, пребиотики, микрокапсулирование, лактулоза, желейный мармелад, синбиотические свойства.

В последнее десятилетие XX века во всем мире получило широкое признание развитие нового направления в пищевой промышленности – так называемого функционального питания.

Концепция функционального питания разрабатывалась японскими, а позднее – американскими и европейскими учеными в течение последних двадцати лет и нашла выражение в системе FOSHU – Foods for Specific Health Use (продукты особого применения для здоровья). Все это время предпринимались многочисленные попытки определить и классифицировать функциональное питание и пищевые компоненты, которые оказывают влияние на здоровье и выходят за рамки традиционного пищевого значения.

Канадская ассоциация диетологов называет функциональными продуктами любые субстанции, которые могут быть рассмотрены как пища или как компонент питания, обеспечивающий благоприятное влияние на здоровье человека, включая профилактику и лечение заболеваний. Международный совет информации о пище (IFIC) и Международный институт жизни и науки Северной Америки (ILSI) определяют функциональные продукты как продукты, которые благодаря содержанию биологически активных веществ оказывают благотворное влияние на здоровье, помимо основной питательной ценности.

В ЕС вопросами функционального питания занимается специальная комиссия, в России создание оздоровительных продуктов питания предусматривается «Концепцией государственной политики в отрасли здорового питания». В Украине разработан проект «Концепции государственной политики в отрасли питания населения Украины», одним из этапов которой является расширение производства продуктов оздоровительного действия. В связи с тем, что теория здорового питания находится в состоянии развития, на сегодняшний день не разработано специальной классификации специальных продуктов и поэтому в литературных источниках употребляются различные термины для их определения – функциональные, лечебные, диетические, лечебно-профилактические, оздоровительные, полезные.

Если рассмотреть законодательную базу различных стран в области определения функционального продукта, то она будет значительно отличаться.

Так, согласно Закона Украины «Про безопасность и качество пищевых продуктов» от 06.09.2005, – «Функциональный пищевой продукт – это пищевой продукт, который содержит как компонент лекарственные средства и/или предлагается для профилактики или смягчения протекания болезни человека».

В России в 2005 году был принят национальный стандарт РФ (ГОСТ Р 52349-2005) «Продукты пищевые функциональные. Термины и определения». Согласно настоящему стандарту «Функциональный пищевой продукт – это пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов».

Закон ЕС о пищевых продуктах гласит: «Функциональные пищевые продукты – это любой модифицированный продукт или пищевой ингредиент, который может оказывать благотворное влияние на здоровье человека, помимо влияния традиционных питательных веществ, которые он содержит» [1].

Повышенный интерес к функциональному питанию является результатом возросшей ответственности и заботы населения о своем здоровье. Кроме этого, причинами интенсивного развития функционального питания являются:

- возросшая стоимость медицинского обслуживания;
- старение населения в большинстве стран, особенно в западных странах;
- поощрение граждан со стороны государства к самостоятельному поддержанию здоровья;
- научные доказательства влияния отдельных компонентов питания на здоровье;
- индустриальный поиск новых возможностей и совершенствование технологий обработки ингредиентов и конечных продуктов;
- большая конкурентоспособность на рынке пищевых продуктов;

Японские исследователи оценивают три основных качества функциональных продуктов (ФП): пищевая ценность, вкусовые качества и физиологическое воздействие; причём, последнее формируется введёнными в состав продукта функциональными ингредиентами.

Наряду с достаточно хорошо известными функциональными ингредиентами (молочнокислые бактерии, витамины, минеральные элементы, ненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна), в состав ФП все чаще начинают включать и другие относительно недавно идентифицированные микро- и макро-нутриенты, проявляющие позитивное воздействие на организм человека (пробиотики, пребиотики, лектины, биофлавоноиды и другие различного состава и происхождения).

Использование пробиотиков-препаратов и продуктов на основе живых микроорганизмов из числа представителей нормальной микрофлоры человека и животных — является важным элементом концепции здорового питания населения, одним из наиболее эффективных и физиологичных путей профилактики нарушения микробиоценоза желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и лечения развивающихся вследствие этого ряда вторичных расстройств не только пищеварительной, но и иммунной и эндокринной систем [2].

Ценным компонентом продуктов и биопрепаратов с пробиотическими свойствами являются бифидобактерии – постоянные и многочисленные представители облигатной флоры ЖКТ. Нормальная кишечная микрофлора человека отличается преобладанием анаэробных бактерий, представленных, в основном, бифидобактериями и бактероидами, которые вместе составляют 96...98 % от общего числа бактерий кишечника. Эту часть облигатной микрофлоры называют также доминирующей. Вторая часть облигатной микрофлоры, которую называют сопутствующей, в основном, представлена аэробными и факультативными бактериями.

тивно-анаэробными микроорганизмами – бактериями группы кишечных палочек, лактобациллами, энтерококками. «Случайная» кишечная микрофлора состоит из клостридий, дрожжей, протей, стафилококков и др. и составляет 0,01...0,001 % от общего числа бактерий кишечника [8, 9].

О положительном влиянии бифидофлоры на организм человека указывает ряд отечественных [3, 4] и зарубежных авторов [10, 11, 12]. По их мнению, физиологическая роль бифидофлоры обусловлена её защитной и синтетической функциями.

Полезные для организма свойства бифидобактерий обусловлены также следующими ниже перечисленными факторами:

— летучие жирные кислоты, секретлируемые бифидобактериями, могут действовать как перистальтические стимуляторы, что помогает здоровому функционированию толстой кишки;

— часть кишечных бактерий способна синтезировать нитрозамины — семейство потенциально канцерогенных соединений. Расщепление этих соединений бифидобактериями может сыграть роль в снижении риска заболевания раком кишечника и др. Таким образом, наличие высокого уровня бифидобактерий в толстом кишечнике обеспечивает некоторую защиту против основных форм опухолей;

— бифидобактерии способны вовлекать в метаболизм аммонийные ионы, что может повлиять на перемещение аммония из потока крови в толстую кишку. Этот пункт важен для больных циррозом печени;

— бифидобактерии разрушают и предотвращают образование в кишечнике вредных продуктов обмена других микроорганизмов — индола, скатола, фенолов, а также аминов, обладающих канцерогенным действием. Обменную активность кишечных бактерий исследователи приравнивают к деятельности печени [5];

— ферментируя «сахара», бифидобактерии создают в кишечнике кислую среду, которая улучшает всасывание в кровь кальция, железа, а также витамина Д [6];

— бифидобактерии активно синтезируют в организме целый ряд витаминов [6]. Кроме витаминов эти микроорганизмы являются активными поставщиками некоторых незаменимых аминокислот, используя в синтезе в качестве источника азота аммиак.

В силу того, что бифидобактерии ответственны за здоровье и выполняют ряд важных функций в организме человека, целесообразно включать их в состав кондитерских изделий функционального назначения.

Наряду с пробиотиками особого внимания в последнее время заслуживает применение в составе продуктов функционального питания пребиотиков. Понятие «пребиотики», сформулированное впервые R. Gibson в 1995 году, подразумевает собой группу веществ или добавок, неперевариваемых в кишечнике человека, но способных оказывать благотворное влияние на организм хозяина путём селективной стимуляции роста и/или активизации метаболизма полезных представителей его кишечной микрофлоры, в частности, бифидобактерий [13]. В качестве пребиотиков на сегодняшний день принято рассматривать лактулозу, олигосахариды (например фруктоолигосахариды), биологически активные иммунные белки (лактоглобулин, гликопептиды), отдельные витамины и их производные (пантотеновая кислота, β-каротин).

Полагают, что смешанные препараты – «синбиотики», содержащие пробиотики и пребиотики, обеспечивают максимальный оздоровительный эффект и поэтому создание кондитерских изделий с синбиотическими свойствами является очень актуальным. Наиболее эффективным «бифидус-фактором» считается лактулоза (4-0-β-D-галактопиранозил-D-фруктоза) – дисахарид, содержащий остатки галактозы и фруктозы. Впервые лактулоза была выделена из женского молока австрийским врачом-педиатром F. Retuely в конце 40-х годов нашего века. Дальнейшие исследования показали высокую бифидогенную активность и коррегирующее действие препарата на нарушенный микробиоценоз кишечника как у детей, так и у взрослых.

Эффективность применения лактулозы объясняется тем, что она не расщепляется в верхних отделах желудочно-кишечного тракта в виду отсутствия необходимых ферментов, а достигает толстого кишечника и используется бифидобактериями в качестве питательного субстрата [5]. Полагают, что лактулоза стимулирует в кишечнике рост не только бифидофлоры, но и лактобацилл, а также некоторые другие микроорганизмы семейства лактобацилл. Бифидобактерии и лактобациллы активно ферментируют лактулозу в кишечнике с образованием органических кислот. В условиях снижения значения pH содержимого кишечника подавляется развитие гнилостной микрофлоры, следствием чего является предотвращение образования токсичных продуктов белкового распада и абсорбции аммиака в кровь, уменьшение нагрузки на печень и почки [7]. Существует предположение, что употребление лактулозы способствует адсорбции кальция, посредством чего повышается прочность костей [7].

На основании вышеизложенного важным представляется организация широкого применения лактулозы в пищевых продуктах, в частности в технологии кондитерских изделий.

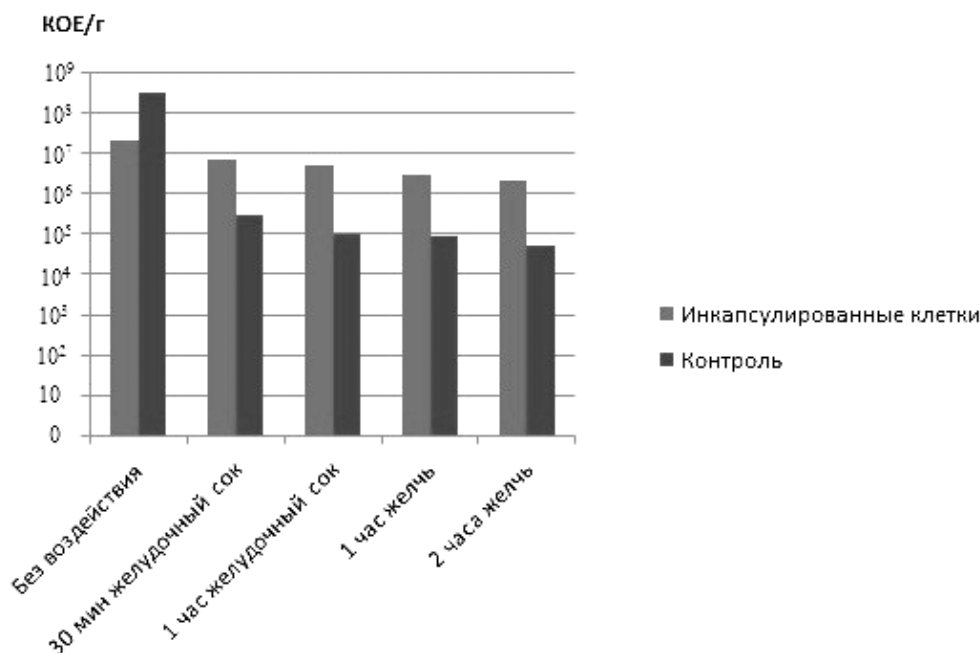


Рис. 1 - Степень выживаемости иммобилизованных в капсулы и некапсулированных клеток *Bifidobacterium bifidum* в условиях, имитирующих желудочно-кишечный тракт

Пробы для посева отбирались в следующих точках:

- №1 – до введения в модель ЖКТ, контрольная;
- №2 – спустя 30 мин после переноса материала в колбу с желудочным соком;
- №3 – спустя 60 мин после переноса материала в колбу с желудочным соком;
- №4 – спустя 60 мин после переноса материала в колбу с желчью;
- №5 – спустя 120 мин после переноса материала в колбу с желчью.

В ходе проведенных исследований выявлено, что заключение микроорганизмов в капсулирующую матрицу способствовало сохранению количества жизнеспособных клеток при отрицательном действии желудочного сока и желчи.

За время экспозиции капсулированных микроорганизмов в желудочном соке и желчи количество жизнеспособных клеток оставалось более стабильными по сравнению с некапсулированными клетками. Количество жизнеспособных клеток в образце с иммобилизованными микроорганизмами изменилось с $3 \cdot 10^7$ до $5 \cdot 10^6$ через 1 час в модельных условиях желудка, и до $2 \cdot 10^6$ через 2 часа в модельных условиях тонкого кишечника, а в образце с неиммобилизованными клетками – с $3 \cdot 10^8$ до $3 \cdot 10^5$ и до $9 \cdot 10^4$ соответственно.

Таким образом, заключение клеток микроорганизмов в гидроколлоидные частицы обеспечивало защиту клеток *B. bifidum* от агрессивных факторов окружающей среды.

В данной работе проведена серия опытов по определению химических и органолептических показателей желейного мармелада с добавками.

Основными показателями, характеризующими химические свойства желейного мармелада, являются титруемая кислотность – К, сухие вещества – СВ, редуцирующие вещества – РВ.

Результаты исследования изменения химических показателей желейного мармелада в зависимости от массовой доли вносимой добавки, представлены в табл. 1

Таблица 1 - Показатели качества желейного мармелада с синбиотическим комплексом

Массовая доля добавки, %	Показатели качества желейного мармелада		
	Содержание сухих веществ – СВ, %	Титруемая кислотность – Т, град	Содержание редуцирующих веществ – РВ, %
Контроль	88	18,3	18,0
5	84	18,5	18,4
10	84	19,5	19,0
15	84	20,0	19,6

Результаты исследования показывают, что с увеличением массовой доли лактулозы с инкапсулированными микроорганизмами происходит снижение содержания сухих веществ в готовом изделии. Это связано с высокой влажностью пробиотической добавки ($W = 92,56\%$).

Согласно исследованиям А.В. Зубченко и З.Г. Скобельской установлено, что гидролиз сахарозы осуществляется под воздействием двух факторов – температуры и pH среды. Чем выше температура и ниже pH, тем глубже распад сахарозы. Можно предположить, что в результате гидролиза сахароза распадается на моносахара – гексозы, которые, в свою очередь, в кислой среде превращаются в оксиметилфурфурол. Известно, что α -оксиметилфурфурол не стоек в кислой среде и легко гидролизуется до левулиновой кислоты. Образование в растворе кислоты способствует увеличению кислотности готовых изделий.

Увеличение редуцирующих веществ в опытных образцах по сравнению с контрольным объясняется тем, что происходит замена в рецептуре мармелада нередуцирующего сахара – сахарозы на редуцирующий сахар – лактулозу.

Органолептические показатели качества желей мармелада с синбиотической добавкой соответствуют требованиям ДСТУ4333:2004 «Мармелад. Технические условия».

Вкус, цвет, запах – характерные для данного наименования желей мармелада, не имеют постороннего привкуса и запаха, несвойственного данному виду изделий.

Следовательно, применение капсулированных пробиотических бактерий и лактулозы в технологии мармелада позволяет расширить ассортимент пастильно-мармеладных изделий и создать продукт функционального назначения, что будет способствовать оздоровлению населения. А продукты «здорового питания» или функционального питания, по прогнозу специалистов, на 30...35 % заменят традиционные лекарственные препараты профилактической и восстановительной медицины.

Литература

1. Юдина, С.Б. Технология продуктов функционального питания [Текст] /Юдина С.Б. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 280 с.
2. Выделение и отбор бактерий рода *Lactobacillus* – основы пробиотических препаратов /И.А. Буряко, Н.И. Астапович, Л.И. Стефанович, М.Е. Сафонова // Пробиотики, пребиотики, синбиотики и функциональные продукты питания. Современное состояние и перспективы: Сб. матер. Междунар. конф. 2-4 июля 2004 г. – М., 2004.
3. Бевз, Н.И. Новый препарат-эубиотик на основе двух видов бифидобактерий (*B. bifidum* и *B. longum*) и его нормализующая микробиоценоз кишечника активность [Текст] : автореф. дис. канд. биол. наук./ Н.И. Бевз. – М., 1991. – 21 с.
4. Исаева, Н.П. Механизмы воздействия пробиотиков на функциональное состояние лимфоцитов при остром шигеллезе [Текст] / Н.П. Исаева, М.З. Шахмарданов, Л.Н. Зелескова, А.В. Григорьев, В.И. Лучшев // Журн. микробиол. – 1994. – №6. – С.107-108.
5. Харитонов, В.Д. Лактулоза: назначение и использование [Текст] / В.Д. Харитонов., Ю.И. Филатов, Д.С. Мищенко, А.Г. Храмов, С.А. Рябцева, Н.Н. Липатов, Г.Ю. Сажин, В.В. Ким // Молочная промышленность. – 2000. – №7. – С.16-19.
6. Шендеров, Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Том I. Микрофлора человека и животных и её функции [Текст] / Шендеров Б.А. – М.: Грантъ, 1998. – 288 с.
7. Максимов, В.И. Лактулоза и микроэкология толстой кишки [Текст] / В.И. Максимов, В.Е. Родоман, В.М. Бондаренко // Журн. микробиол. – 1998. – №5. – С.101-107.
8. Nord C.E., Kager L. The normal flora of the gastrointestinal tract // *Neth. J. Med.* – 1984. – Vol. 27. – p. 249-252
9. Rasic Y.L., Kurmann I.A. Bifidobacteria and their role. Microbiological, nutritional-physiological, medical and technological aspects and bibliography. Borknauseur Verlag, Rasel. Boston. Stuttgart, 1983, 1225 p.
10. Challa A., Ramkishan Rao D., Chawa C.B., Shackleford. Bifidobacteria longum and lactulose suppress azoxymethane – induced colonic aberrant crypt foci in rats // *Carcinogenesis.* – 1997. – Vol. 18. – p.517-521.
11. Fuller R. Probiotics in man and animals // *Journal of Applied Bacteriology.* – 1989. – Vol. 66. – p. 365-378.
12. Sekine K., Watanabe-Sekine E., Ohta J., Toida T., Tatsuki T., Kawashima T. Induction and activation of tumoricidal cells in vitro and in vivo by the bacterial cell wall of *Bifidobacterium infantis* // *Bifidobacteria and Microflora.* – 1994. – Vol. 13. – p. 65-77.
13. Roberfroid M.B. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? // *Am. J. Clin. Nutr.*, 2000, 71 (Suppl. 6), p. 1682S-1987S.

ОСОБЛИВОСТІ СПОСОБІВ ВИДІЛЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ ВОСКІВ, ОДЕРЖАНИХ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Руднєва Л.Л., викладач

Державний Вищий Навчальний Заклад «Український Державний Хіміко-Технологічний Університет», м. Дніпропетровськ

Лакіза О.В., к-т техн. наук, доцент

Дніпропетровський Державний Аграрний Університет, м. Дніпропетровськ

Демідов І.М., д-р техн. наук, професор

Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут», м. Харків

Досліджено способи виділення восків з рослинної сировини шляхом її омилення з подальшою екстракцією за допомогою органічних розчинників. Склад одержаних восків аналізували хімічним методом. Досліджувані воски можна використовувати в сумішах для гляцювання кондитерського драже.

Investigated a process for separating waxes from plant material by its saponification followed by extraction with organic solvents. The composition of the waxes were analyzed by chemical methods. Investigated waxes can be used in mixtures for polishing confectionery tablets.

Ключові слова: насіння соняшнику, олія, віск, розчинник, хімічний аналіз, гляцювання, кондитерське драже

Рівень розвитку олійножирової промисловості, як важливої галузі харчового виробництва, значною мірою визначається утилізацією відходів виробництва. Розробка способів максимального виділення корисних речовин з відходів, які слугували б подальшою сировиною, і подальше їхнє використання досить актуальні в наш час.

У процесі переробки насіння соняшнику як побічні продукти можна одержати воски з лушпиння соняшнику, а також при очищенні олії на стадії вінтеризації (виморожування).

Воски належать до простих ліпідів і являють собою ефіри високомолекулярних жирних кислот та одноатомних або двоатомних спиртів (аліфатичних).

Воски використовують у різних галузях промисловості: як захисні композиції для металів, дерева, тканин, паперу, шкіри, електроізоляційні покриття; у медицині, косметичних препаратах, кондитерських виробках, а також побути: як засоби по догляду за взуттям, поліруючі засоби для меблів [1-3]. Часто воски хімічно модифікують, змішують з іншими компонентами для набуття певних властивостей і розширюють таким чином область їх застосування.

Зокрема, в кондитерській промисловості поверхня драже покривається тонким рівним шаром воскожирової суміші з подальшим поліруванням його шляхом перекочування драже при обертанні дражирувального барабану. Наявність на поверхні тонкого вологонепроникного шару збільшує стійкість драже при зберіганні [4-5].

З метою утилізації відходів олійножирової галузі та визначення можливих напрямів практичного застосування проводили дослідження складу і способів виділення восків, одержаних з рослинної сировини.

Вихідні зразки воскоподібних речовин одержували з лушпиння насіння соняшнику і після стадії вінтеризації соняшникової олії.

Характеристика вихідних воскоподібних речовин представлена в таблицях 1, 2.

Таблиця 1 – Фізико-хімічна характеристика воску соняшникового лушпиння [6]

Показник	Характеристика
Кислотне число, мгКОН/г	2-17
Йодне число, % I ₂	110-124
Ефірне число, мгКОН	98-107
Температура плавлення, °С	65-70
Температура кристалізації, °С	70-73
Густина, г/см ³	0,920-0,960
Показник заломлення, n_D^{80}	1,4410-1,4500

Таблиця 2 – Характеристика вихідної воскоподібної речовини, одержаної після стадії вінтеризації олії

Показник	Характеристика
Кислотне число, мг КОН/г	5,401
Число омилення, мг КОН	162,72
Ефірне число	157,319
Температура плавлення, °С	70
Температура краплепадіння, °С	78

Наведені показники свідчать, що вихідна речовина є сумішшю воскоподібних і супутніх речовин, розділити які можна хімічним способом.

Воски, що містяться в олії, можна виділити шляхом омилення воскоподібної речовини, оскільки внаслідок цієї реакції вони переходять до фракції неомильних речовин [7]. Тому ці речовини екстрагували розчинником з водно-спиртового розчину мила. Схема проведення аналізу з визначення вмісту неомильних речовин наведена на рис.1.

**Рис.1 – Схема проведення аналізу з визначення складу неомильних речовин**

Як екстрагенти використовували неполярні розчинники, характеристика яких наведена в таблиці 3.

Таблиця 3 – Характеристики розчинників

Речовина	Температура, °С		Нижня концентраційна межа вибуху, % об.
	спалаху	самозаймання	
Ізооктан	-9	425	3,6
Ксилол	17	495	1,71
Гексан	-23	233	1,24
Петролейний ефір	-58	280	0,7

Вихід неомильних речовин у відсотковому співвідношенні наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Вихід неомильних речовин, (%)

Номер зразка	Розчинник	Вихід неомильних речовин, %	Колір
1	Гексан (2n КОН)	10,74	коричневий
2	Ксилол (2n КОН)	6,27	світло-коричневий
3	Ізооктан (2n КОН)	4,01	жовтий
4	Петролейний ефір (2n КОН)	2,34	жовтий

З таблиці 4 видно, що розчинність неомильних речовин залежить від природи розчинника, що говорить про структурну неоднорідність речовин (восків), які представлені в неомильній фракції.

Склад одержаних восків аналізували хімічними методами контролю, визначаючи при цьому такі найбільш важливі показники як кислотне число, число омилення, ефірне число [7]. Результати хімічного аналізу представлені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Характеристика зразків отриманих воскоподібних речовин

Номер зразка	Характеристики зразків				
	Кислотне число, мг КОН/г	Число омилення, мг КОН	Ефірне число	Температура плавлення, °С	Температура краплепадіння, °С
1	1,3	–	1,3	98	101
2	–	–	–	100	102
3	–	–	–	102,5	104,1
4	–	–	–	105	115

Як видно з даних табл. 5, одержані зразки воскоподібних речовин не містять супутніх речовин, тому що кислотне число, число омилення і ефірне число, які характеризують наявність вільних жирних кислот, омильних речовин і складних ефірів відповідно, дорівнюють нулю для зразків 2, 3, 4.

З метою перевірки ефективності методики вилучення неомильних речовин з водно-спиртового розчину за допомогою розчинників, було проведено порівняльний аналіз воскоподібних сумішей, отриманих за допомогою екстракції зажиреного перліту після вінтеризації олії гексаном (зразок 1), ксилолом (зразок 2), ізооктаном (зразок 3) та петролейним ефіром (зразок 4) з воскоподібними речовинами, які були попередньо очищені (Чернянський олієдобувний цех) та (Пологівський олійноекстракційний завод) та воскоподібної суміші, яка була виділена з соняшникового лушпиння. Результати аналізу представлені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Порівняльна характеристика воскоподібних речовин, які було добуто за різними методиками та воскоподібної суміші, отриманої з соняшникового лушпиння

Зразки	Характеристики зразків				
	Кислотне число, мг КОН/г	Число омилення, мг КОН	Ефірне число	Температура плавлення, °С	Температура краплепадіння, °С
1 зразок	1,3	–	1,3	98	101
2 зразок	–	–	–	100	102
3 зразок	–	–	–	102,5	104,1
4 зразок	–	–	–	105	115
Воскоподібна речовина очищена (Чернянський олієдобувний цех)	9,86	91,7	81,84	55	–
Воскоподібна речовина очищена (Пологівський МЕЗ)	10,3	123,45	113,15	53	–
Віск соняшникового лушпиння	2-18	110-124	100	60-70	–

Дані, представлені в табл.6, свідчать, що воски, отримані за методиками 1, 2, 3, 4, мають значно вищу температуру плавлення, яка розширює область їхнього застосування.

У лабораторних умовах досліджували можливість застосування рослинного воску в якості харчового у кондитерській промисловості, а саме в приготуванні глянцевої суміші для покриття драже, в якій визначальним є співвідношення воску і парафіну (таблиця 7). Величину блиску отриманих зразків оцінювали на блискометрі.

Таблиця – 7 Фізико-хімічні показники отриманих зразків суміші

Співвідношення віск : парафін	Температура плавлення, °С	Вміст парафіну, %	Блиск, %
1 : 0	37	0	60
1,5 : 1	45	40	55
1 : 1	46,5	50	31
1 : 1,5	48	60	34
1 : 2	49,5	67	40
0 : 1	55	100	50

Як видно з даних, представлених в таблиці 7, оптимальним співвідношенням віск : парафін є 1,5:1, оскільки температура плавлення такої суміші складає 45 °С, що важливо для проведення технологічного процесу, при цьому вміст парафіну скорочується, а блиск суміші вищий порівняно з композиціями 4, 5 і складає 55 %.

Висновки

Результати досліджень показали, що одержані з рослинної сировини воски є сумішшю воскоподібних і супутніх речовин, які можна розділити хімічним способом. Воски, що містяться в рослинній сировині, можна виділити шляхом її омилення і екстрагувати за допомогою органічних розчинників. Воскоподібні речовини, одержані з соняшникового лушпиння і після стадії вінтеризації олії, мають температу-

ри плавлення в межах 53-70 °С, що дозволяє використовувати їх для обробки кондитерського драже глянцевою сумішшю з метою надання блиску, захисту від зволоження, висихання, проникнення повітря всередину виробів.

Література

1. Боровская Л.В., Шабалина С.Г., Данилин В.Н. Применение природных и синтетических восков в качестве теплоаккумулирующих материалов. – М.: Наука и техника, 1996. – 476 с.
2. Ивановский Л.Е. Энциклопедия восков, пер. с нем., т. 1. – Л.: Гостоптехиздат, 1956. – 147 с.
3. Chemistry and biochemistry of natural waxes, ed. by P. E. Kolattu-kudy, Amst., 1976. – P.89.
4. Маршалкіна Г.А. Технологія кондитерських виробів. – М.: Харчова промисловість, 1988. – 445 с.
5. Лур'є І.С. Технологія і технохімічний контроль кондитерського виробництва. – М.: Легка та харчова промисловість, 1987. – 328 с.
6. Белькович П.И., Голованова Н.Г. Воск и его технические аналоги. – Минск: Наука и техника. – 1980. – 176 с.
7. Лабораторний практикум по хімії жирів / Арутюнян Н.С., Аришева Е.А. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 175 с.

УДК 664.696

МАКАРОННІ ВИРОБИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ КАРОТИНОЇДІВ

**Верешко Н.В., канд. техн. наук, доцент, Набоков Д.О., аспірант
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків**

Розглянуто можливість використання наноструктурованої криопаста (НСКП) з моркви в технології макаронних виробів. Вивчено її вплив на властивості клейковини пшеничного борошна. Обґрунтовано раціональну концентрацію добавки. Досліджено показники якості макаронних виробів з додаванням НСКП з моркви.

An opportunity of using nano-structured cryopaste (NSCP) from carrots in the technology of pasta is considered in the article. Its influence on the properties of gluten of wheat flour is studied. Rational concentration of the additive is substantiated. Indexes of the quality of pasta with the addition of NSCP from carrots are investigated.

Ключові слова: макаронні вироби, клейковина, наноструктурована криопаста, морква, каротиноїди.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Харчування є найважливішим чинником, що зумовлює стан здоров'я людини, зв'язує його з навколишнім середовищем і впливає на здатність організму протистояти його шкідливим діям. Тому виробництво продуктів, які характеризуються підвищеною харчовою цінністю і високими споживчими властивостями, є актуальним питанням для України, що знаходиться у стані економічної та екологічної криз. Створена ситуація призводить до необхідності корегування щоденних раціонів. Це можливо зробити за рахунок підвищення харчової цінності харчових продуктів повсякденного попиту. До таких продуктів можна віднести макаронні вироби, які є одним з основних продуктів харчування багатьох українських сімей.

Сьогодні українські підприємства у зв'язку з дефіцитом на вітчизняному ринку спеціального макаронного борошна з твердих сортів пшениці виробляють макаронні вироби виключно з хлібопекарського борошна. Воно значно поступається за вмістом білків, вітамінів, мінералів, у ньому повністю відсутні вітамін А, β-каротин, D, С, В₁₂, а вміст вітамінів В₁, В₂, РР, пантотенової кислоти та інших біологічно активних речовин дуже незначний. У зв'язку з цим актуальною є проблема використання в технології макаронних виробів натуральної сировини, що містить значну кількість поживних речовин. При цьому необхідною умовою є забезпечення високої якості макаронної продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі широко представлені дані щодо використання в технології макаронних виробів різних збагачувальних добавок. Серед них: добавки тваринного походження: яйцепродукти [1], молочні продукти, м'ясні продукти, рибні білкові концентрати; добавки рослинного походження: борошно (концентрати, ізоляти) інших зернових культур, пшеничні та кукурудзяні зародки, соки, гомогенати, пюре, пасти, екстракти, порошки з овочів, шрот різних культур

тощо; інші види добавок, а саме поліпшувачі харчових добавок структуроутворювальної дії (пектинові речовини, модифіковані крохмалі, похідні целюлози, (ПАР)) [2].

Серед збагачувальних добавок особливе місце займають добавки рослинного походження. Це обумовлено їх меншою вартістю у порівнянні з тваринними добавками, доступністю та багатим хімічним складом. Багато рослинних добавок, що використовуються у макаронному виробництві, містять каротиноїди. Відомо, що каротиноїди здатні мобілізувати захисні сили організму в умовах дії несприятливих чинників.

Зважаючи на сучасні екологічні умови для підтримки здоров'я і зниження ризику онкологічних захворювань рекомендується споживати в день 5...6 мг β -каротину. При повноцінному харчуванні, що включає овочі і фрукти, людина одержує щодня в середньому 1...1,5 мг β -каротину. Збагачення раціону людини цією сполукою сприяє підвищенню стійкості організму до дії шкідливих екологічних чинників; стимулюванню імунної системи та збільшенню опору до різних захворювань; нейтралізації промислових отрут в організмі; зниженню рівня холестерину в крові й уповільнення розвитку атеросклерозу [3; 4; 5].

Різними дослідженнями доведено, що використання каротиноїдів у технологіях борошняних виробів підвищує якісні показники продукції.

Серед різних джерел β -каротину особливий інтерес представляє морква. Вона відносно недорога, вирощується в Україні в великих кількостях, тому є доступною для переробки. З моркви виробляють соки, пасти, пюре, порошки тощо.

Вченими ХДУХТ було доведено, що використання під час виробництва паст з рослинної сировини «шокового» заморожування до температури мінус 35 °С призводить до збільшення масової частки каротиноїдів в 2...2,5 рази та переходу приблизно 50 % каротиноїдів у водорозчинну форму, а також до збільшення масової частки аскорбінової кислоти порівняно з вихідною сировиною [6].

Для розробки технології макаронних виробів збагачених каротиноїдами нами обрано пасту з моркви, одержану шляхом криогенного подрібнення.

Мета та завдання статті. Дослідити можливість використання наноструктурованої кріопасті (НСКП) з моркви в технології виробництва макаронних виробів.

Виклад основного матеріалу дослідження. На кафедрі "Технологій переробки плодів, овочів і молока" Харківського державного університету харчування та торгівлі розроблено технологію гомогенізованих наноструктурованих кріопаст з плодів та овочів з використанням рідкого і газоподібного азоту. При цьому значна частина біологічно-активних речовин переходить із зв'язаного стану у вільний, а біополімери руйнуються до низькомолекулярних складових - амінокислот, моноцукрів, галактураної кислоти та ін. У результаті кріопасті містять у 2...4 рази більше каротиноїдів, чим початкова сировина. Отриманий продукт знаходиться в іономолекулярному стані з розміром окремих складових від 1 до 100 нм. Це сприяє більш рівномірному розподілу часток в макаронному тісті.

Як відомо, при використанні добавок в макаронному виробництві важливо визначити їх вплив на властивості клейковини пшеничного борошна. Отримані результати щодо впливу НСКП з моркви на якість клейковини наведено в табл. 1.

Як видно з наведених даних, при додаванні кріопасті з моркви кількість клейковини збільшується, а за якістю вона стає більш слабкою. У виробництві макаронних виробів головним показником є кількість клейковини, бо під час пресування тіста під дією робочих органів макаронного пресу та тиску 6...10 МПа клейковина розривається і якість її суттєво погіршується. Тому якість клейковини не надає значного впливу на якість короткорізаних макаронних виробів.

Таблиця 1 – Вплив НСКП з моркви на властивості клейковини пшеничного борошна

Дозування добавки, % до маси борошна	Вміст сирової клейковини, %	Еластичність	Розтяжність, см	Значення ІДК
0 (контроль)	25,2±1,2	Хороша	22,0±1,1	99±4,5
5	25,8±1,1	Хороша	22,3±1,0	101±5,0
7	26,1±1,2	Хороша	23,0±1,1	105±5,0
10	26,4±1,3	Хороша	22,8±1,1	104±4,9

Дані щодо впливу обраної добавки на показники якості макаронних виробів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Показники якості макаронних виробів з додаванням НСКП з моркви

Показник якості	Дозування добавки, % до маси борошна		
	0 (контроль)	5	10
1	2	3	4
Органолептичний показник			
Стан поверхні	Гладка, без тріщин	Гладка, без тріщин	
Колір	Кремовий	Однотонний з жовтим відтінком	Однотонний з насиченим жовтогарячим відтінком
Смак і запах	Властивий даному виду виробів	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку	Властивий даному виду виробів, з легким присмаком моркви
Фізико-хімічний показник			
Вологість, %	13,0%		
Вміст каротиноїдів, мг/100 г			
у сирих виробках	–	1,1±10,1	2,2±10,1
у сушених виробів	–	1,05±10,8	2,1±10,9
у зварених виробках	–	0,85±8,5	1,7±8,3
Варильні властивості			
Стан виробів після варки	Вироби зберігають форму, не злипаються, не утворюють грудочок		
Тривалість варки до готовності, хв	8,0	6,0	6,5
Коефіцієнт	1,70±0,12	2,20±0,10	2,33±0,13
Втрати сухих речовин, %	3,67±0,18	3,40±0,15	3,00±0,14

Як свідчать отримані дані, при додаванні кріопасті з моркви у кількості до 10 % до маси борошна якість виробів знаходиться на високому рівні. Органолептичні показники співпадають з контрольними, зменшується тривалість варки виробів до готовності та кількість сухих речовин, що перейшли у варильне середовище, збільшується привар виробів. У разі додавання НСКП з моркви кількістю більше 10 % до маси борошна якість макаронних виробів погіршується – вироби починають злипатися та набувають вираженого морквяного присмаку.

На основі проведених досліджень розроблено функціональну схему виробництва макаронних виробів з додаванням наноструктурованої кріопасті з моркви (рис. 1). Обрану добавку доцільно додавати разом з водою, яка йде на заміс макаронного тіста.

Висновки. На основі проведених досліджень доведено можливість використання наноструктурованої кріопасті з моркви в технології макаронних виробів. Рациональною концентрацією обраної добавки є 7,0...10,0 % до маси пшеничного борошна. Обрану добавку доцільно вносити у тісто разом з водою, яка йде на заміс. При цьому вироби збагачуються каротиноїдами, а їх органолептичні та варильні показники не поступаються контрольним та перевищують їх.

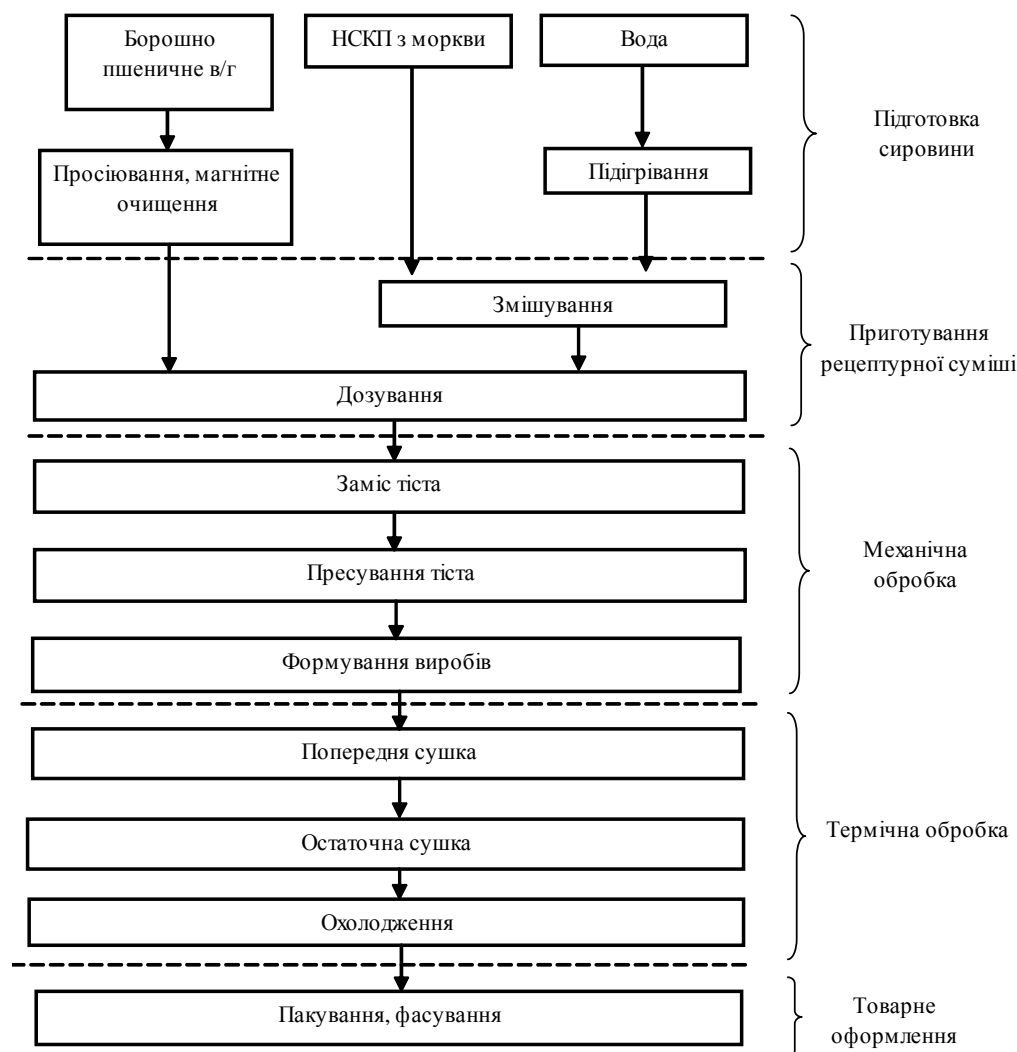


Рис. 1 – Функціональна схема виробництва макаронних виробів з додаванням НСКП з моркви

Література

1. Медведєв, Г. М. Технологія макаронного виробництва [Текст]. – М. : Колос, 1998. – 272 с.
2. Корячкина, С. Я. Макароны изделия: способы повышения качества и пищевой ценности [Текст]. – Орел. :Труд, 2006. – 276с.
3. Букин, Ю. В. Бета-каротин – фактор здоровья [Текст]. – М. Труд: , 1995. – 26 с.
4. Витамины и бета-каротин в профилактике злокачественных новообразований (итоги и перспективы) [Текст] // Вопросы питания. – 1993. – № 4. – с. 9 – 12.
5. Еремин, Ю. Н. Перспективные продукты питания с бета-каротином [Текст] / Ю.Н. Еремин, В.В. Зырянов // Пищевая промышленность. – 1996. – № 6. – с. 26–27.
6. Низькотемпературна активація гідрофільних властивостей каротиноїдів при отриманні наноструктурованих паст з каротиновмісних овочів для молочних продуктів [Текст] / Р. Ю.Павлюк, В. В.Погарська, С. М. Лосева та ін. // Молоко переробка. – 2009. – № 10 (49) – с.20–24.

РОЗДІЛ 3
**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ,
ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ЗЕРНОПЕРЕОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ПРИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПІДВЕДЕННІ ЕНЕРГІЇ

Бурдо О.Г., д-р техн. наук, професор, Яровий І.І., аспірант
 Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
 Бандура В.М., канд. техн. наук, доцент
 Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

У роботі розглянуто проблеми моделювання процесів сушіння при електромагнітному підведенні енергії. Враховуються бародифузійні процеси перенесення вологи з обсягу продукту. На основі теорії подібності система диференціальних рівнянь перетворена в рівняння в узагальнених змінних. Введено число енергетичної дії, яке враховує ефективність електромагнітного підведення енергії і бародифузійних процесів перенесення вологи з продукту.

The problem of modeling the drying processes at electromagnetic power supply has been considered in paper. Barodiffusion processes of moisture transport from product bulk are taken into account. On the basis of theory of similarity the system of differential equations has been transformed into generalized variables equations. The number of energy effect which takes account of the efficiency of electromagnetic power supply and moisture transport from the product.

Ключові слова: Сушіння, математичне моделювання, електромагнітне випромінювання, бародифузія.

Останні роки характеризуються бурхливим розвитком сушильної техніки з електромагнітними джерелами енергії (ЕДЕ). В той самий час удосконалення розробок ведеться на основі інженерної інтуїції. Рівень розуміння процесів взаємодії продукту й електромагнітних хвиль значно нижчий, ніж уявлення щодо електрофізичних явищ у генераторах електромагнітного випромінювання. Техніка електромагнітних генераторів випередила теорію тепломасопереносу в процесі сушіння при електромагнітному підведенні енергії. Пояснюється це тим, що самі генератори (особливо мікрохвильового діапазону) є елементами військової техніки, і їх вдосконалення проводилось на замовлення цієї галузі. Якщо врахувати, що прикладні проблеми навіть традиційного сушіння не доведені до загальноновизнаних інженерних методів проектування, то специфіка сушіння при електромагнітному підведенні енергії практично не вивчена. Проте успішне моделювання процесів сушіння з ЕДЕ може дати потужний імпульс для широкого впровадження перспективної техніки в харчові технології.

Фізична схема сушіння з ЕДЕ. Найбільший практичний інтерес становлять стрічкові сушильні установки, де продукт обробляється в тонкому шарі. Фізична схема сушіння наведена на рис. 1. Продукт рухається за допомогою стрічки із швидкістю w . Швидкість повітря відносно продукту складає v , а проміжок каналу його руху – δ_b .

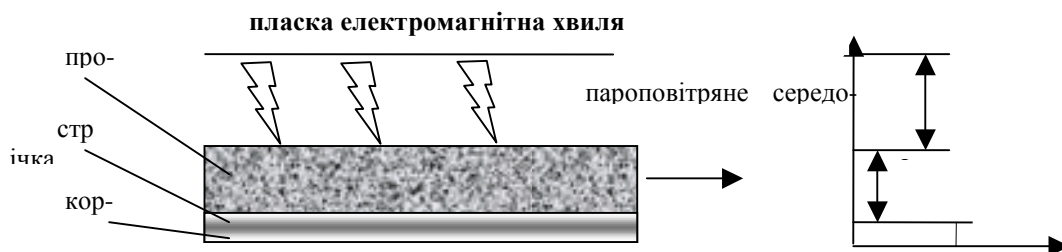


Рис. 1 – Схема процесу зневоднення при дії електромагнітного генератора

Оскільки повітряне середовище, яке прокачується через канал над продуктом, для електромагнітних хвиль практично прозоре, енергію випромінювання поглинає шар продукту, товщина якого $\delta_{пр}$. Тому можна вважати, що в шарі продукту діє об'ємне джерело, потужність якого N , а питома об'ємна щільність q_v . Стрічка транспортера, товщина якої $\delta_{л}$, може бути радіопрозорою, або електрично зв'язаною з корпусом, тобто поглинання енергії випромінювання в стрічці відсутнє. В той самий час вона взаємодіє за граничних умов IV роду з нагрітим продуктом. Поверхня продукту взаємодіє за граничних умов III

роду з потоком повітря. Повітря, приймаючи вологу продукту, зволожується і нагрівається, якщо його температура нижча, ніж температура продукту. Особливістю електромагнітного підведення енергії є те, що максимальні значення і температури, і вологовмісту розташовані усередині продукту. Ця відмінність від традиційних (конвективних і кондуктивних) способів підведення енергії дозволяє істотно знизити витрати енергії на зневоднення [1]. Рівень енергетичних витрат залежить від узгодженості параметрів електромагнітного поля, структури продукту, швидкості його переміщення і параметрів повітряного середовища. Ключовий вплив має схема ініціації потоку вологи з продукту при максимальних значеннях рушійної сили процесу вологопереносу.

Рушійна сила і кінетика процесів дифузійно-фільтраційного вологопереносу. Сучасні уявлення про механізм зневоднення матеріалів у процесі сушіння базуються на наукових основах тепломасопереносу при фазових переходах [2-5] і на теорії П.О. Ребіндера про форми зв'язку вологи з колоїдними і капілярно-пористими матеріалами. Зовнішні дії різної фізичної природи (енергетичні, концентраційні, гідродинамічні, електромагнітні і тому подібне) формують у продукті поля температур, тисків, вологовмісту. Комбінований вплив відповідних рушійних сил визначає розвиток гідродинамічних, теплових і масообмінних процесів. Теорія сушіння, основи якої закладені О.В. Ликовим [2], визначає потік вологи усередині пористого матеріалу таким виразом:

$$j = -(D \rho_c \nabla U + D \delta \rho_c \nabla t + K_p \nabla P) \quad (1)$$

де $\nabla U, \nabla t, \nabla P$ – градієнти, відповідно, вологовмісту, температури і тиску; δ – відносний коефіцієнт термодифузії (кг/кгК); K_p – коефіцієнт фільтраційного (молярного) перенесення (кг/м·с·Па).

Специфіка різноманітних завдань сушіння пояснюється молекулярним натіканням газу по мікрокапілярах (ефузія), дифузійною ковзанням (потік пароподібної вологи, яка переноситься за допомогою теплового ковзання), циркуляцією газу в макропорах (природна конвекція). Важко зрозуміти термін «концентраційна дифузія» стосовно потоку вологи усередині твердого капілярно-пористого тіла. Якщо існує такий процес, то він повинен підкорятися рівнянню Фіка і характеризуватися відповідним коефіцієнтом дифузії. В той самий час, коефіцієнти дифузії води безпосередньо в твердих водонерозчинних структурах не визначались, ясно, що їх величини нікчемно малі для помітного впливу на кінетику сушіння. Очевидно, поняттям «концентраційна дифузія» підміняється результат складного гідравлічного перерозподілу вологи усередині тіла в системі паралельних капілярів, викликаного процесом пароутворення в макрокапілярах і перекачуванням рідини в мікрокапіляри.

Система О.В.Ликова справедлива для будь-якого виду вологотеплопереносу, проте має дуже серйозне обмеження: феноменологічні коефіцієнти K_{ij} мають бути постійними. Тому, загальна модель реалізується тільки для вкрай обмежених випадків [1], вона зручна лише для якісного аналізу механізму процесу сушіння і не знайшла практичного застосування.

Система рівнянь О.В. Ликова у ряді випадків доповнювалась, наприклад П.П. Луциком, співвідношенням, що враховує деформації і механічну напругу твердих капілярно-пористих тіл [5].

Зусилля більшості вчених у сфері сушіння були спрямовані на експериментальне моделювання процесів, розробку методів розрахунку кінетики сушіння. Визначилась тенденція все більшого обмеження в моделях видів об'єктів і продуктів. Виправданням було підвищення точності моделі. Нарешті, стали використовувати регресійні моделі, що описують масиви експериментальних даних. Точність таких моделей визначалася погрішностями експериментальних даних та можливостями математичного апарату і виявлялась цілком прийнятною для інженерних завдань. Проте, ці моделі справедливі тільки для умов дослідів і для дослідженого об'єкта, тобто не поширюються на клас навіть подібних завдань, не можуть бути використані для постановки завдань прогнозування і оптимізації навіть дослідженого апарату.

Таким чином, теорія сушіння не може ефективно використовувати величезний за обсягом експериментальний матеріал. Загальні моделі неточні, а точні регресійні моделі не можуть дати ніякої нової інформації.

Видається, що проблеми, які виникли при описі процесу сушіння пояснюються тим, що всі автори, прибічники феноменологічного підходу, розглядають сушіння як деякий одиночний процес із постійними коефіцієнтами перенесення і формують моделі, виходячи з цих припущень.

У роботі [1] висувається гіпотеза, що сушіння – це результат дії за принципом суперпозиції, щонайменше, трьох процесів, що ілюструється рис. 2.

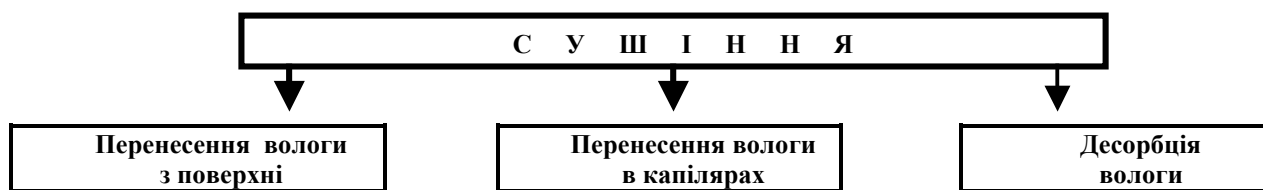


Рис. 2 – Структурна схема процесів при сушінні

Відповідно до такого підходу перебудовуються граф тепловологопереносу і система рівнянь О.В. Ликова. Розглядаються самостійно: поверхнева волога U_P , капілярна волога U_K і зв'язана волога абсорбції U_A (рис. 3).

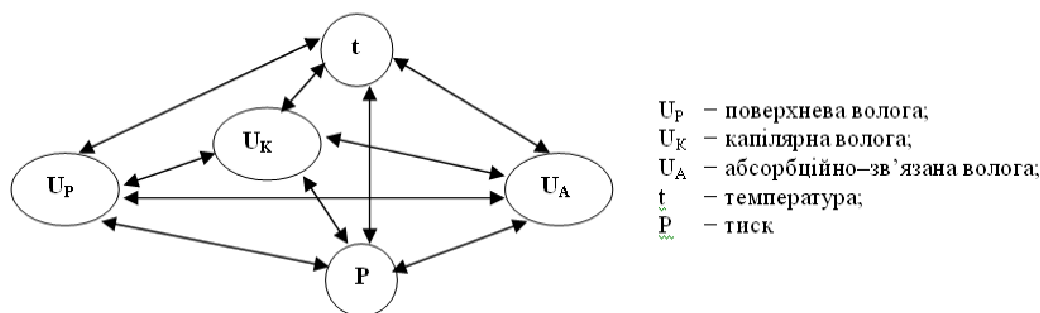


Рис. 3 – Граф запропонованої схеми сушіння

Відповідно до рис. 3 перетвориться і система рівнянь О.В. Ликова:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U_P}{\partial \tau} &= K_{11} \nabla^2 U_P + K_{12} \nabla^2 U_K + K_{13} \nabla^2 U_A + K_{14} \nabla^2 t + K_{15} \nabla^2 P \\ \frac{\partial U_K}{\partial \tau} &= K_{21} \nabla^2 U_P + K_{22} \nabla^2 U_K + K_{23} \nabla^2 U_A + K_{24} \nabla^2 t + K_{25} \nabla^2 P \\ \frac{\partial U_A}{\partial \tau} &= K_{31} \nabla^2 U_P + K_{32} \nabla^2 U_K + K_{33} \nabla^2 U_A + K_{34} \nabla^2 t + K_{35} \nabla^2 P \\ \frac{\partial t}{\partial \tau} &= K_{41} \nabla^2 U_P + K_{42} \nabla^2 U_K + K_{43} \nabla^2 U_A + K_{44} \nabla^2 t + K_{45} \nabla^2 P \\ \frac{\partial P}{\partial \tau} &= K_{51} \nabla^2 U_P + K_{52} \nabla^2 U_K + K_{53} \nabla^2 U_A + K_{54} \nabla^2 t + K_{55} \nabla^2 P \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Система рівнянь (2) складніша, ніж система О.В. Ликова, але вона дозволяє обґрунтувати висунуту гіпотезу про суперпозицію дії при сушінні декількох процесів. Кожен з цих процесів характеризується своїм значенням рушійної сили і кінетичним коефіцієнтом швидкості процесу. В межах свого процесу ці параметри можуть прийматися однаковими, а для різних процесів вони істотно відрізняються. Кожен з трьох процесів підкоряється своїм законам перенесення і реалізується за рахунок різних механізмів (таблиця.1).

Таблиця 1 – Характеристика основних процесів при сушінні

Процес	Механізм процесу	Рушійна сила процесу	Кінетичний коефіцієнт
Випарювання вологи з поверхні	Конвективна дифузія	$a_K P_{\Pi} - P_B$	β_K
Випарювання вологи усередині капілярів та пір	Конвективна дифузія в обмежених умовах	$a_C P_{\Pi} - P_B$	β_C
Десорбція вологи	Конвективна дифузія	$a_D P_{\Pi} - P_B$	β_D

Висунена гіпотеза [1] не суперечить фундаментальним уявленням фізики вологого капілярно-пористого тіла. За загально визнаною схемою форм зв'язку вологи П.О. Ребіндера видалення вологи різ-

них форм зв'язку – це різні процеси зі своїми коефіцієнтами перенесення, зі своїм потенціалом і рушійною силою (таблиця 1). Спроба корекції рушійної сили за допомогою показника активності води a_i відома у світовій практиці [5].

Математична модель сушіння при електромагнітному підведенні енергії. Відповідно до фізичної схеми (рис. 1) і представлень (рис. 3) формулюється математична модель. У зоні дії електромагнітного випромінювання рівняння енергії набере вигляду:

$$c\rho_0 \frac{\partial t}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} t) + r\gamma\rho_0 \frac{\partial U}{\partial \tau} + N_E \quad (3)$$

у співвідношенні (3) прийняті позначення: c – теплоємність продукту; ρ – щільність сухої частини продукту; r – теплота фазового переходу води в пару; γ – частка води, яка перейшла в пару; N_E – об'ємна щільність внутрішніх джерел теплоти (відповідає поглинанню проникного електромагнітного випромінювання).

У цій самій сфері кінетика вологопереносу визначається відповідними рушійними силами. Як правило, інтерес становлять процеси видалення поверхневої і капілярної вологи:

$$\frac{\partial U_P}{\partial \tau} = \operatorname{div}(D_P \operatorname{grad} U_P) \quad (4)$$

$$\frac{\partial U_K}{\partial \tau} = \operatorname{div}(D_T \operatorname{grad} T + D_B \operatorname{grad} P_K) \quad (5)$$

де, D_P, D_T, D_B – коефіцієнти, відповідно, конвективної дифузії, термодифузії і бародифузії.

Стосовно стрічкової сушарки (рис. 1) рівняння (3.5) з відповідними рівняннями зв'язку слід записати для всіх n зон активної довжини сушарної камери L_A . У кожній зоні діє своє джерело електромагнітної енергії – N_i .

$$\sum_{i=1}^n x_i = L_A; \quad i = 1, 2, 3 \dots n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n N_i = N_E \quad i = 1, 2, 3, \dots n$$

В межах однієї зони запишемо відповідні залежності при наступних допущеннях:

1. У початковий момент часу температура продукту (t_{Π}), стінки (t_{CT}) і всіх конструктивних елементів установки є однаковою і дорівнює температурі довкілля (t_{OC}).

2. Фізичні параметри продукту в межах кожної зони постійні і приймаються в балансових моделях як середні значення (t_{Π} – середня температура продукту в аналізованій зоні, U_{Π} – його вологовміст).

3. Витрата повітря (L_B), продукту (G_{Π}) і потужність випромінювання (N) в межах кожної зони постійні.

4. Швидкість руху стрічки (w) постійна, тобто питоме навантаження на поверхню стрічки в межах кожної зони постійне.

5. Даний процес є квазістаціонарним.

6. Теплопровідністю в шарі продукту вздовж осі X можна знехтувати.

7. На поверхні продукту величина гідродинамічного пограничного шару дорівнює товщині пограничного теплового і дифузійного шарів.

При сформульованих допущеннях на верхній поверхні сушарки ($y = y_B$):

$$\begin{aligned} \text{при } \tau = 0, & \quad t_{CT} = t_{OC}, & \quad N = 0 \\ \text{при } \tau > 0, & \quad \text{ГУ II роду,} & \quad N = N_i = \text{const;} \end{aligned} \quad (7)$$

Для повітряного каналу, $y_{\Pi} < y \leq y_B$

Для потоку повітря:

$$\begin{aligned} \text{при } \tau = 0, & \quad t_B = t_{OC}, \\ \text{при } \tau > 0, & \end{aligned}$$

$$Q_B = L_B(i_0 - i_1) = \alpha_B F_i (t_{\Pi} - t_B); \quad F_i = l_i b_i \quad (8)$$

За рахунок потоку вологи з продукту проходить його зволоження:

$$L_B(X_0 - X_1) = J \quad (9)$$

Гідродинаміку повітряного потоку відображає рівняння Нав'є-Стокса в одновимірному наближенні:

$$\rho_B v_B \frac{\partial v_B}{\partial x} = \rho_B g - \frac{\partial P_B}{\partial x} + \mu_B \frac{\partial^2 v_B}{\partial x^2} \quad (10)$$

У співвідношеннях (8, 9, 10): α_B – коефіцієнт тепловіддачі від продукту до потоку повітря, i_0, i_1 – ентальпії повітря на вході і виході зони, F_i – площа поверхні продукту, b_i – його ширина, l_i – його довжина в межах зони, J – потік вологи з продукту, v – відносна (продукту) швидкість повітря, P_B – тиск повітря, g – гравітаційна константа, ρ_B – щільність повітря, μ_B – динамічний коефіцієнт в'язкості повітря, Q_B – теплообмін між продуктом і повітрям.

Основні процеси відбуваються в об'ємі продукту $u_L < y \leq u_P$.

при $\tau = 0$, $t_{II} = t_{OC}$,

при $\tau > 0$,

Для шару продукту рівняння Фур'є - Кирхгофа:

$$\frac{\partial t_{II}}{\partial \tau} = a_{II} \left(\frac{\partial^2 t_{II}}{\partial x^2} + \frac{\partial t_{II}}{\partial y^2} \right) \quad (11)$$

при ГУ III роду на межі $y = u_P$:

$$-\lambda_{II} \left(\frac{\partial t_{II}}{\partial y} \right) - \alpha_B (t_{II} - t_B) = 0 \quad (12)$$

Енергетичний баланс у шарі продукту враховує нагрів сухої частини (Q_C) і вологи (Q_U), переведення в пару частини (γ) рідини ($Q_{Ж}$), теплообмін з повітрям (Q_B), стрічкою транспортера (Q_L) і поглинання проникного електромагнітного випромінювання (N_E).

$$Q_C + Q_U + Q_{Ж} + Q_B + Q_L + N = 0 \quad (13)$$

або

$$G_C c_{P_C} (\Delta t_{P_i}) + G_U c_{P_U} (\Delta t_{P_i}) + r \gamma G_U + L_B (\Delta i_B) + Q_L + N_E b \delta_{II} l_i = 0 \quad (14)$$

Потік вологи з продукту складається з конвективного (J_K), термодифузійного (J_T) і бародифузійного (J_B) потоків при відповідних коефіцієнтах масовіддачі ($\beta_K, \beta_T, \beta_B$) поверхонь фазового контакту (F_i, F_{Ki}, F_{Bi}) і різниці парціальних тисків ($\Delta P_P, \Delta P_T, \Delta P_B$).

$$J = J_K + J_T + J_B = \beta_K F_i (\Delta P_P) + \beta_T F_{Ki} (\Delta P_T) + \beta_B F_{Bi} (\Delta P_B) \quad (15)$$

На межі продукту і стрічки транспортера ($y = u_L$) відбувається теплообмін за граничних умов IV роду:

$$\lambda_{II} \left(\frac{\partial t_{II}}{\partial y} \right) + \lambda_{IL} \left(\frac{\partial t_{IL}}{\partial y} \right) = 0 \quad (16)$$

Аналогічно при контакті стрічки з корпусом ($y=0$):

$$\lambda_{Ke} \left(\frac{\partial t_K}{\partial y} \right) + \lambda_{IL} \left(\frac{\partial t_{IL}}{\partial y} \right) = 0 \quad (17)$$

Оскільки цей теплообмін проходить за наявності контактного термічного опору (R_{TK}), то використовується значення ефективного коефіцієнта теплопровідності:

$$\lambda_{Ke} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{IL}} + R_{TK}} \quad (18)$$

За наявності шару теплової ізоляції:

$$\frac{\partial t_{II}}{\partial \tau} = a_{II} \left(\frac{\partial^2 t_{II}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t_{II}}{\partial y^2} \right), \tau > 0, \quad (19)$$

умови однозначності

при $\tau = 0$, $t_{II} = t_{OC}$,

Вплив довкілля:

Теплообмін між ізолюваною поверхнею сушарки і довкіллям проходить при ГУ III роду:

$$\lambda_{II} \left(\frac{\partial t_{II}}{\partial y} \right) + \alpha_C (t_{OC} - t_{II}) = 0 \quad (20)$$

Замикають систему рівнянь залежності теплофізичних властивостей продукту, повітря, стрічки та ізоляції від температури

$$\lambda_{\Pi} = \lambda(t_{\Pi}, U_{\Pi}); \quad \lambda_{\text{В}} = \lambda(t_{\text{В}}, X_{\text{В}}); \quad \lambda_{\text{Л}} = \lambda(t_{\text{Л}}); \quad \lambda_{\text{И}} = \lambda(t_{\text{И}}) \quad (21)$$

$$a_{\Pi} = a(t_{\Pi}, U_{\Pi}); \quad a_{\text{В}} = a(t_{\text{В}}, X_{\text{В}}); \quad a_{\text{Л}} = a(t_{\text{Л}}); \quad a_{\text{И}} = a(t_{\text{И}}) \quad (22)$$

$$\rho_{\Pi} = \rho(t_{\Pi}, U_{\Pi}); \quad \rho_{\text{В}} = \rho(t_{\text{В}}, X_{\text{В}}); \quad \rho_{\text{Л}} = \rho(t_{\text{Л}}); \quad \mu_{\text{В}} = \mu(t_{\text{В}}, X_{\text{В}}); \quad D = D(t_{\Pi}) \quad (23)$$

Основні проблеми з практичною реалізацією математичної моделі (7...23) пов'язані з виразами (10) і (15). Це зумовлює необхідність залучення методів теорії подібності і формування адекватної моделі в узагальнених числах подібності.

Гідродинамічну ситуацію в повітряному каналі сушарки можна представити класичним числом Рейнольдса: $Re = v l_i \rho \mu^{-1}$.

Для оцінки впливу потужності електромагнітного випромінювання на кінетику сушіння в [1] запропоновано число енергетичної дії, яке показує співвідношення поглиненої продуктом енергії N_E до тієї енергії, яка потрібна для переведення в пару всієї вологи, що видаляється:

$$Bu = N_E (r\gamma G_U)^{-1} \quad (24)$$

Число Bu в наближенні до 1 характеризує «ідеальне» теплове сушіння, де вся підведена до продукту енергія витрачається тільки на переведення вологи в пару. В той самий час, ефективна організація бародифузійних процесів дозволяє частину вологи видаляти у вигляді туману [1]. Таким чином, число Bu може служити мірою бародифузійного перенесення вологи.

Розрахунок коефіцієнтів масовіддачі β проводиться на основі рівнянь в узагальнених змінних, як залежність числа Шервуда від чисел Рейнольдса і Шмідта. Тоді для умов сушіння в нерухомому шарі можна рекомендувати рівняння в узагальнених змінних:

$$Sh = A Re^n Sc^m Bu^k \quad (25)$$

Для стрічкових сушарок перспективнішим може стати узагальнення із застосуванням масообмінного числа Стантона:

$$St_m \equiv \frac{\beta}{w} = A Re^h Sc^p Bu^q \quad (26)$$

Константи в рівняннях (25, 26) визначаються при обробці масивів експериментальних даних.

Числа Шервуда і Стантона являють собою дві різні безрозмірні форми коефіцієнта масовіддачі. Кожна з цих форм має свої переваги. Число Шервуда не містить режимних параметрів, але до його складу входять характерний розмір системи і коефіцієнт дифузії.

Число Стантона безпосередньо пов'язане з дифузійним опором, воно не залежить від уявлення про пристінний пограничний шар як зону дії молекулярного механізму масопереносу. Видається, що число St більш характерне при аналізі кінетики процесів сушіння з бародифузійним перенесенням вологи.

Запропонований підхід дозволить розраховувати кінетику сушіння при відомих режимних параметрах і структурних характеристиках продукту, обґрунтовувати й оптимізувати процеси сушіння при електромагнітному підведенні енергії до продукту.

Література

1. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. – Одесса: Полиграф, 2010. – 368 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
3. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. – М.: Химия, 1980. – 248 с.
4. Акулич П.В. Термогидродинамические процессы в технике сушки / Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАНБ, 2002. – 268 с.
5. Луцик П.П. Массопроводность деформируемого в процессе сушки твердого пористого тела // Промышленная теплотехника. 1987. – Т.9, – №5. – С. 29-34.
6. Лонцин М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств: пер. с англ. – М. 1983. – 384 с.
7. Бурдо О.Г. Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях / Инженерно-физический журнал. – Т.78, – №1.-2005.-С. 88-93.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ШЛАМУ КАВИ ПІД ДІЄЮ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Терзісв С.Г., канд. техн. наук, асистент, Ружицька Н.В., аспірант,
Саламаха В.І., канд. техн. наук, доцент, Малашевич С.А., науковий співробітник
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Розглянуто склад шламу кави і можливості виділення з нього цінних компонентів. Описано кінетику процесу сушіння шламу під дією ІЧ-випромінювання у залежності від товщини шару продукту і кількості підведеної енергії.

The composition of coffee sludge and possibilities of extracting valuable components from it have been considered. The kinetics of coffee sludge IR-drying process in dependence on layer thickness and power supply has been described.

Ключові слова: шлам кави, інфрачервоне випромінювання, сушіння.

Вирішення задач економічно доцільних технологій комплексної переробки й утилізації промислових відходів дозволить суттєво збільшити ефективність харчокоцентрацного виробництва, зменшити витрати енергії, знизити навантаження на навколишнє середовище й отримати нову гаму продуктів і матеріалів.

На 1 т готової розчинної кави припадає (1,5...2) т шламу [1]. Відповідно, шламу в Україні утворюється близько 1,5 – 2 тис. т на рік. Неутилізований шлам спричиняє негативний вплив на навколишнє середовище [2].

Після екстрагування шлам кави містить до 4 % екстрактивних речовин [3]. Найбільш цінними компонентами шламу кави, доцільними для подальшої переробки є: кавова олія (7-12 %), целюлоза та лігнін (60-75 %), суміш смако-ароматичних речовин (кофеоль) – (3-5 %), білок (5-7 %) [4]. Також у кавовому шламі містяться макро- та мікроелементи і вітаміни В₂ і РР [3]. У Росії існують технології переробки кавового шламу як добавки до комбікормів [5].

Олія кави містить до 45 % лінолевої кислоти. Олія обсмажених кавових зерен широко використовується як джерело аромату в харчових продуктах і парфумерії [6].

З фізіологічної точки зору найбільш цікавими біологічно активними речовинами кави є кофеїн, поліфеноли, хлорогенова кислота, дитерпени кафестол та кафеол. Саме завдяки специфічним дитерпенам, яким притаманна антиканцерогенна та протизапальна дія, масло кави викликає зацікавленість з боку фармацевтичної промисловості [6].

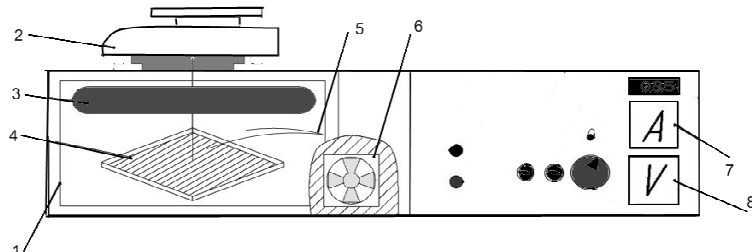
Внаслідок дуже високої вологості шламу (80-82 %) необхідне сушіння шламу перед подальшою обробкою.

Останнім часом широке розповсюдження отримало інфрачервоне нагрівання харчових продуктів.

Інфрачервоне випромінювання – електромагнітне випромінювання, що охоплює діапазон довжин хвиль від 0,75 до 1000 мкм. Механізм поглинання енергії інфрачервоних хвиль полягає у зміні вібраційного стану молекул. У цілому тверді матеріали поглинають ІЧ-випромінювання лише у тонкому поверхневому шарі. У пористі вологі матеріали випромінювання проникає на певну глибину, а їх провідність залежить від вологовмісту. Поглинання ІЧ-енергії водою переважає на всіх довжинах хвиль, що дозволяє використовувати широкий діапазон ІЧ-випромінювачів [7].

Методика досліджень і експериментальна установка

Для проведення досліджень використовується експериментальний стенд, що складається з електронних ваг, ІЧ-камери, системи вимірювання температури продукту та повітря в камері і підведеної потужності. Схему установки наведено на рис. 1.



1 – ІЧ-камера; 2 – електронні ваги; 3 – ІЧ-випромінювачі; 4 – кошик з продуктом; 5 – терморпари;
6 – вентилятор; 7 – амперметр; 8 – вольтметр

Рис. 1 – Експериментальна установка для дослідження процесу ІЧ-сушіння в нерухомому шарі

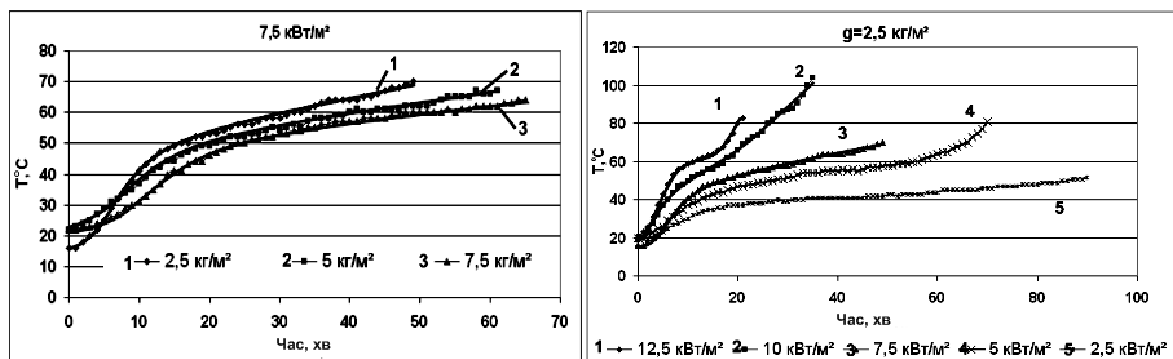
Дослідження кінетики ІЧ-сушіння нерухомого шару шלאму. У досліді визначалися залежності поточної вологості продукту і температури від питомої маси шלאму та питомої потужності підведеної енергії. У камері розташовували шלאм питомою масою (2,5...10) кг/м².

Фіксувалися тривалість обробки, температура і маса зерна під час обробки. Питома маса матеріалу (g) показує масу (m) продукту на одиницю поверхні обробки (F): $g = \frac{m}{F}$.

Питома потужність показує кількість ІЧ-енергії, яка підводиться до 1 м² поверхні, що обробляється.

Результати експериментального моделювання ІЧ-сушіння.

Термограми сушіння наведено на рис. 2.

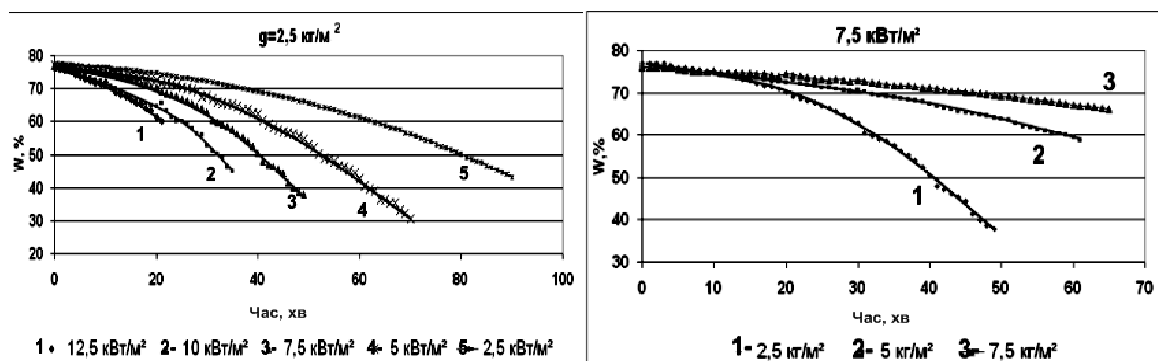


а) – в залежності від питомого завантаження

б) – в залежності від питомого підводу енергії

Рис. 2 – Термограми сушіння

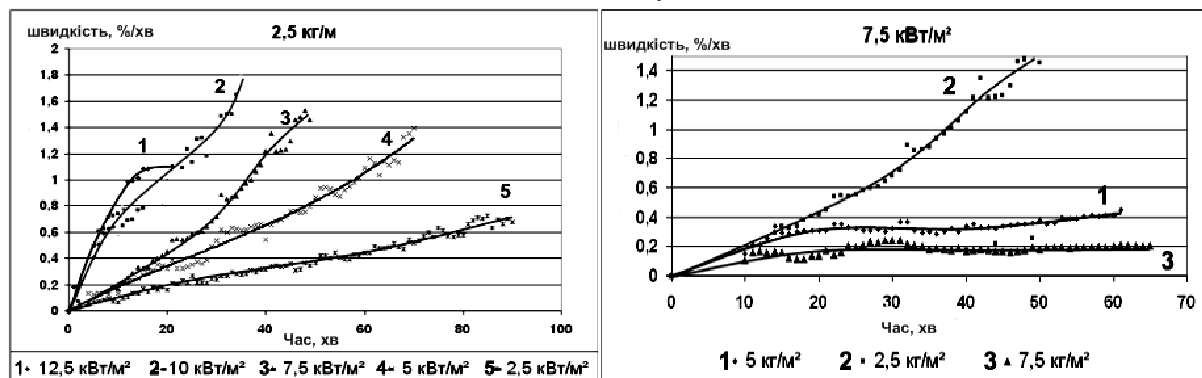
Як видно з рисунка 2, зі збільшенням потужності підведеної ІЧ-енергії збільшується швидкість зростання температури продукту. Швидке зростання температури до відносно високого значення (102 °С) вказує на те, що частина підведеної енергії йде не тільки на випаровування вологи, а й на нагрів продукту. Лінії процесу сушіння наведено на рис. 3.



а) – в залежності від питомого підводу енергії

б) – в залежності від питомого завантаження

Рис. 3 – Лінії сушіння

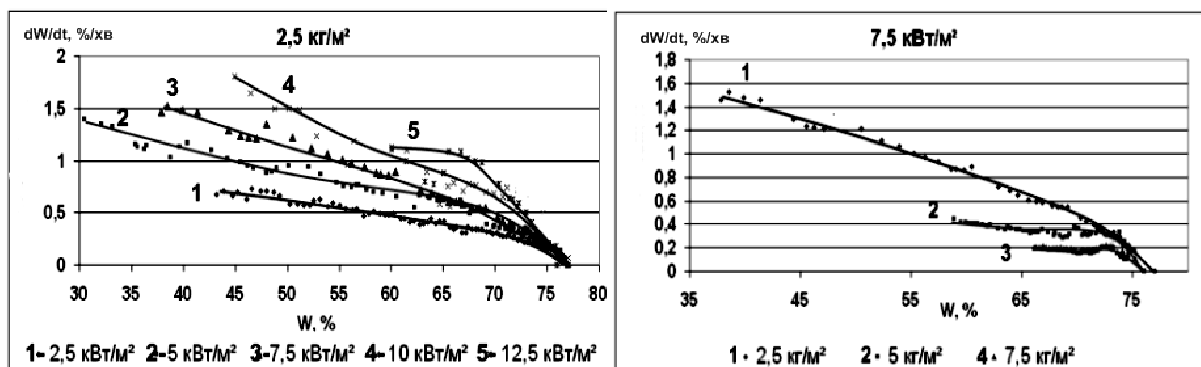


а) – в залежності від питомого підводу енергії

б) – в залежності від питомого завантаження

Рис. 4 – Зміна швидкості сушіння

Як видно на рисунках 3 і 4, видалення вологи починається протягом перших 10 хвилин обробки. При цьому зі збільшенням потужності ІЧ-випромінювання і зменшенням товщини шару шламу (питомого завантаження) швидкість сушіння збільшується. Швидкість сушіння становила (0,6-1,8) %/хв. Інтенсивне видалення вологи при достатньо низьких температурах (40-50 °С) пояснюється безпосередньою дією ІЧ-випромінювання на продукт і поглинання енергії водою.



а) – в залежності від питомого підводу енергії б) – в залежності від питомого завантаження

Рис. 5 – Криві швидкості сушіння

Резерви щодо інтенсифікації процесів сушіння шламу визначаються з аналізу ліній швидкості зневоднення (рис. 5). На відміну від традиційного конвективного сушіння, на кривих не спостерігаються чітко виражені періоди сушіння, оскільки в даному процесі має місце інший механізм підводу енергії, а повітря не виконує функцію теплоносія. З літературних джерел відомо про застосування ІЧ-нагріву для збільшення швидкості сушіння в період спадної швидкості [6].

Висновки. Шлам кави є перспективною сировиною для подальшої переробки й отримання олії, комбікормів, харчових добавок, будівельних матеріалів, палива.

На швидкість ІЧ-сушіння значний вплив чинять товщина шару продукту (завантаження) і кількість підведеної енергії. Найбільшу швидкість сушіння було досягнуто при завантаженні 2,5 кг/м². Процес видалення вологи протікав при відносно низьких температурах, що не завдає шкоди якості кінцевого продукту.

Література

1. <http://www.waste.ru/uploads/library/specificshowing.pdf> Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления
2. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе - вода». – Одесса, 2007 – 176 с.
3. Возможность использования отходов производства кофе и чая в комбикормах И.С. Косенко, Е.С. Шумелев, Е.В. Соловьева // Известия ВУЗов. Пищевая технология, № 2, 2007. – С. 101 – 102.
4. Процеси переробки шламу в технологіях виробництва розчинної кави Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Шведов В.В., Ружицька Н.В. // Наукові праці ОНАХТ, - Одеса / ОНАХТ. – 2010. – Вип. 37. – С. 252 – 255.
5. Пат. 2034497 РФ, МПК6 А 23 К 1/16. Кормовая витаминная добавка для сельскохозяйственных животных и птицы Текст. / А.П. Левицкий, В.В. Шерстобитов, С.К. Ярославцев, И.А. Мусонова. заявл. 30.10.91; опубл. 10.05.95, Бюл. № 13. – 115 с.
6. Coffee Oil, Cafestol, and Khaweol: Extraction Using Supercritical Carbon Dioxide // Julio M.A., Delcio Sandi and Jane S.R. Coimbra, Food Science and Technology: New Research, Nova Science Publishers, Inc, New York, 2008, P. 441 – 457.
7. Infrared Heating in Food Processing: An Overview // Kathiravan Krishnamuthy, Harpreet Kaur Khurana, Soojin Jun, J. Irudayaraj, and Ali Demirci, COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY – Vol. 7, 2008, P. 2 – 13.

СТРАТЕГІЯ РОЗРОБКИ АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОФОРМЛЕННЯ ЛІНІЙ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ З МЕТОЮ ЗДІЙСНЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Дубовкіна І.О., канд. техн. наук, мол. наук. співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України

Досліджено можливість використання теплообмінного обладнання та теплонасосних технологій для утилізації теплоти відпрацьованого теплоносія при розробці апаратурно-технологічних схем розпилювального сушіння.

The possibility of using of heat exchange equipment and heat pump technology for heat recovery of exhaust air in the development of hardware and technological schemes of spray drying are investigated.

Ключові слова: технологічна лінія сушіння, розпилювальна сушильна установка, рекуперация, рекуператор, утилізатор, випарник, конденсатор, тепловий насос.

Внаслідок постійно зростаючих цін на енергоносії, актуальним постає питання створення енергозберігаючих і високоефективних технологій висушування різних матеріалів. Характер розвитку сушильної техніки, аналіз літературних джерел показують, що енергетичному аналізу техніки приділялася увага, але існує цілий ряд невирішених завдань. Сушіння є одним з найбільш енергоємних процесів [1,2].

Практично сушильна техніка розвивається за двома основними напрямками: розробка раціонального способу сушіння й відповідних конструкцій апаратів для нових технологічних виробництв; удосконалення способів сушіння й конструкцій сушарок для діючих виробництв.

При виборі апаратурного оформлення процесу необхідно керуватися такими принципами:

- мінімізація вартості сушіння, зменшення витрат енергії, капітальних витрат, витрат на обслуговування й ремонт;
- повна безпека процесу з дотриманням вимог екології;
- забезпечення технологічності процесу, врахування факторів, що стосуються організації руху потоків матеріалу й газу в системі, простоти ремонту й обслуговування встаткування, а також специфічних вимог, одержання продукту із заданими дисперсністю, гранулометричним складом, щільністю й міцністю часток, одержання продукту, що не пилить [3].

Одним з основних критеріїв при виборі способу сушіння є частка витрат на стадії сушіння від загальних витрат по всьому технологічному ланцюгу одержання продукції.

Технологічний рівень і якість технологічної схеми визначаються детальною проробкою окремих технологічних вузлів попередньо обраної принципової схеми. Таким чином, технологічна схема являє собою різноманітні взаємопов'язані вузли, що містять:

- транспортні засоби (вентилятори, газодувки, компресори, вантажопідйомні і транспортувальні машини);
- обладнання для механічного розділення, змішування, фільтрації, сортування;
- обладнання для здійснення фізичних чи фізико-хімічних методів переробки (випарювання, сушіння, екстракції);
- реактори для хімічної переробки; вузли біохімічної переробки;
- вузли теплообміну і утилізації тепла;
- вузли термічної переробки (печі);
- вузли для створення потрібних параметрів (наприклад вузли вакуумування).

Складовою частиною будь-якого вузла технологічної схеми є трубопроводи, арматура обладнання для контролю і автоматичного регулювання. Узгоджена робота кожного технологічного вузла забезпечує необхідний ступінь надійності всієї схеми, що сприяє зниженню втрат сировини, матеріалів, енергії.

Велике значення має комбінування технологічних і енергетичних елементів кожного об'єкта, що проектується. Доцільно вести енерготехнологічне проектування виробництва, для того щоб передбачити повне використання енергії всіх реакцій процесу і послідовну по мірі зниження температурного потенціалу утилізацію всіх можливих потоків [4].

При оформленні схеми виробництва поряд з основною технологічною лінією необхідно враховувати технологічні потоки води і конденсату, пари, газу, стисненого повітря і т. д. Розробка нових та модернізація існуючих технологічних схем проводиться в декілька етапів відповідно до стратегії розробки та вибору апаратурно-технологічних схем (рис. 1).

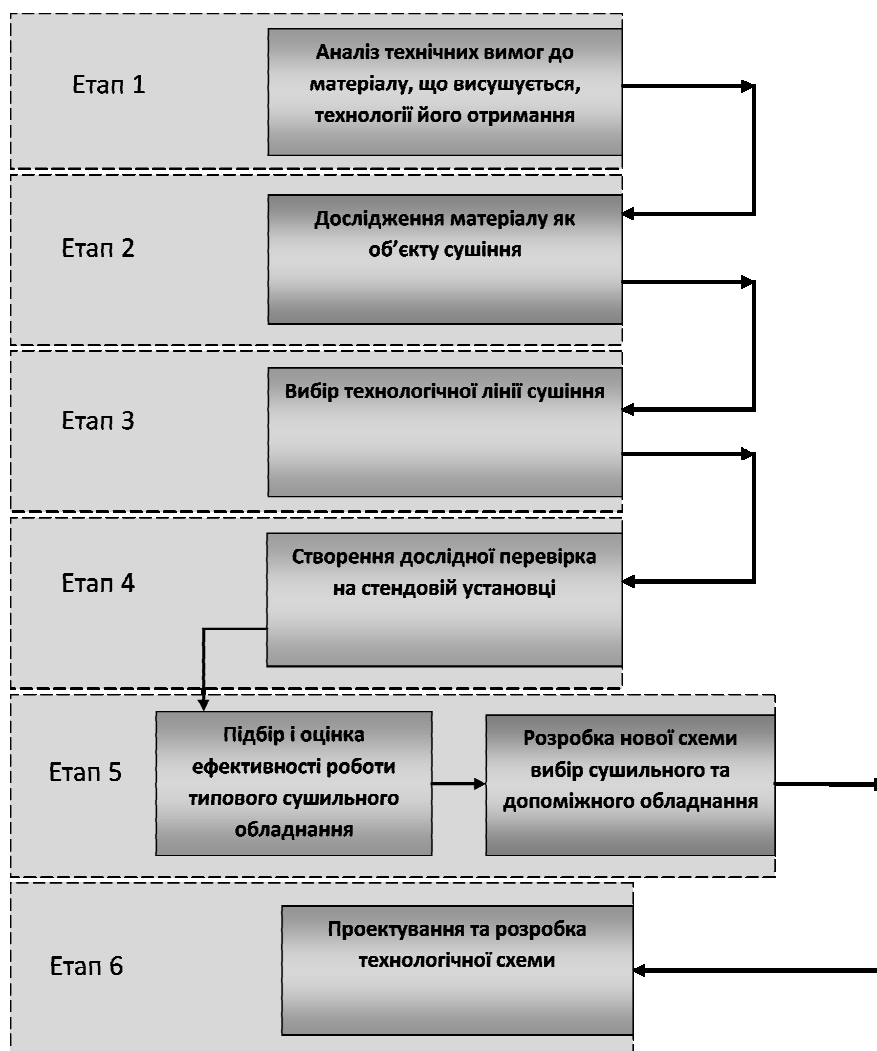


Рис. 1 – Стратегія розробки та вибору апаратурно-технологічних схем

На першому етапі аналізуються технічні вимоги до матеріалу, що висушується, технології його отримання, енерговитратні показники.

Результатом аналізу є інформація про способи синтезу і показники якості готового продукту (вміст кінцевої вологи, гранулометричний склад, вимоги до структури і морфології частинок, теплостійкість, термостабільність, токсичність, пожежо- і вибухонебезпечність), потужності виробництва (мала, середня, велика тонажність), джерела енергії (природний газ, пара, електроенергія).

На етапі дослідження матеріалу як об'єкта, що висушується, отримують і аналізують інформацію про теплофізичні, термомеханічні, структурно-морфологічні і сорбційні характеристики.

На основі інформації, отриманої на першому і другому етапах, вибирають спосіб сушіння (третій етап). На цьому етапі аналізують технологічні і техніко-економічні показники процесу, в результаті чого обґрунтовують тип схеми і режим сушіння. Вибір способу сушіння повинен бути обґрунтований також енергетичним і ексергетичним аналізами з урахуванням вартості обладнання, що застосовується, виду енергії і експлуатаційних витрат.

При наявності кількох варіантів установок рекомендовано користуватися методикою проведення техніко-економічного порівняння за величиною приведених витрат на стадії сушіння.

Розрахунок проводиться, виходячи з витрат, що пов'язані з використанням комплектної сушильної установки з допоміжним обладнанням. Повні витрати розраховують за такими пунктами:

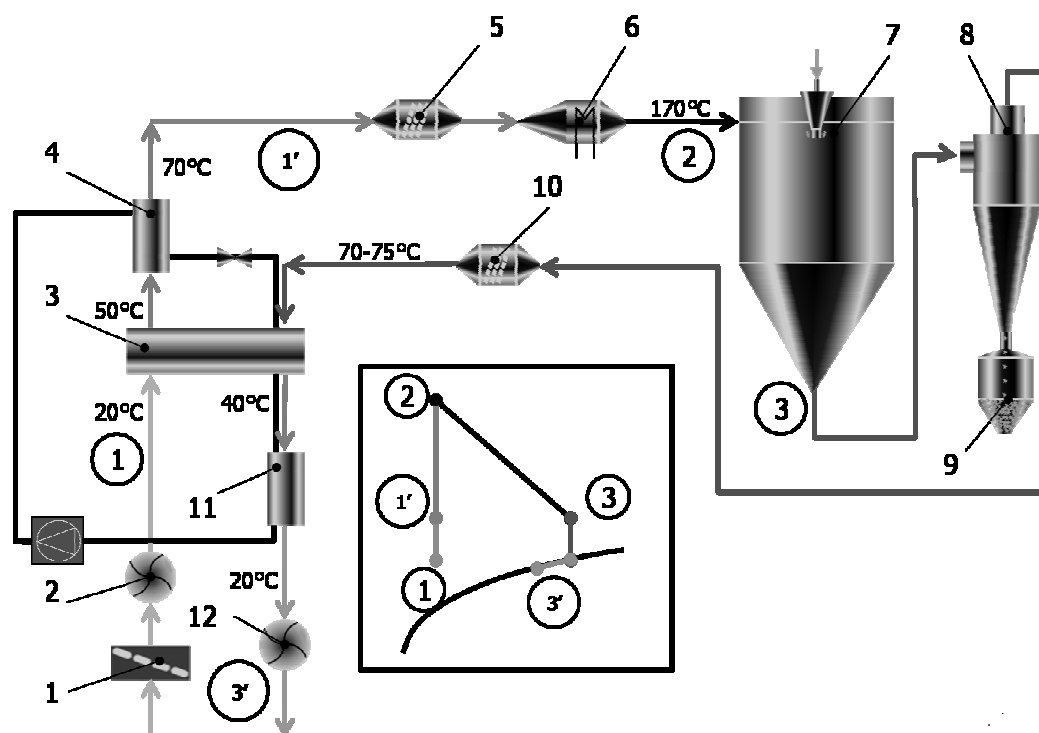
- обладнання установки;
- електроенергія приводів всіх механізмів;
- теплова енергія (газ, мазут, вугілля, пара, електроенергія);

- допоміжні матеріали (вода, повітря);
- обслуговування;
- ремонт;
- будівлі;
- експериментальні роботи і проектування (що розроблюються);
- втрати продукту (втрати з пилом, погіршення якості);
- транспортування та монтаж;
- пусканалагоджувальні роботи;
- витрати на охорону навколишнього середовища.

Наступний етап – експериментальна перевірка на стендовій (пілотній) чи дослідній установці, під час якої відпрацьовується технологія сушіння. На цьому етапі уточнюють вихідні дані на проектування стадії сушіння: вибирають остаточний тип обладнання, режим сушіння, вибирають конструкційні матеріали з потрібною корозійною стійкістю, розраховують економічну ефективність обраного апаратурного оформлення процесу та ін.

Отримані на четвертому етапі інформації цілком достатньо для масштабного переходу, який може бути здійснений двома шляхами: підбір і оцінка ефективності типової технологічної схеми і розробка нової апаратурно-технологічної схеми.

Нові технологічні схеми доцільно розроблювати та впроваджувати при економічній недоцільності стандартного обладнання та типових схем виробництва, а також з метою підвищення енергоефективності процесу.



- 1 – фільтр повітряний; 2 – вентилятор нагнітальний; 3 – повітряний рекуператор;
 4 – конденсатор теплового насоса; 5 – фільтр; 6 – нагрівач повітря; 7 – сушильна камера; 8 – циклон;
 9 – бункер для збору продукту; 10 – фільтр; 11 – випарник теплового насоса; 12 – вентилятор

Рис. 2 – Схема утилізації теплоти відпрацьованого в сушильному процесі теплоносія з використанням теплонасосних технологій

Крім вищезазначеного, слід враховувати мінімізацію вартості сушіння (зменшення витрат енергії, капітальних витрат, витрат на ремонт і обслуговування), повну безпеку процесу з урахуванням вимог екології, забезпечення технологічності процесу, тобто врахування специфічних вимог (дисперсність, гранулометричний склад, густина продукту).

Останній етап – проектування та розробка власне технологічних схем. Для здійснення цього етапу використовується інформація, отримана на всіх етапах раніше.

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень була розроблена апаратурно-технологічна схема (рис.2), що дозволяє реалізувати енергетично ефективну технологію сушіння харчових матеріалів [5-7]. Сушильна установка обладнана системою двостадійної рекуперації теплоти відпрацьованого теплоносія, що включає рекуперативний теплообмінник повітря-повітря й пароконденсатний тепловий насос [8,9]. Вихідний теплоносій через повітряний фільтр 1 вентилятором 2 подається в рекуперативний теплообмінник 3, де за рахунок теплообміну з відпрацьованим теплоносієм відбувається попередній підігрів повітря, що подається в сушильну камеру. Далі підігрітий теплоносій (повітря) з температурою 50 °С проходить через конденсатор теплового насоса й догрівається до 70 °С. Після цього додатково очищується у фільтрі 5 і нагрівається до температури 170 °С у калорифері 6. Нагрітий теплоносій (повітря) надходить у сушильну камеру 7 безпосередньо для здійснення процесу сушіння. Після сушильної камери 7 теплоносій потрапляє в циклон 8, де відбувається виділення готового продукту і його збір у бункер 9. Відпрацьований теплоносій очищується у фільтрі 10 і з температурою (70-75) °С проходить через рекуператор, у якому віддає теплоту вихідному теплоносієві й охолоджується до температури 40 °С. Після цього теплоносій з температурою 40 °С проходить через випарник теплового насоса, доохолоджується до температури 20 °С і вентилятором 12 викидається в атмосферу.

Висновки

На сьогоднішній день існує достатня кількість технічних рішень для здійснення енергозбереження в технологічних лініях розпилювального сушіння. Застосування того чи іншого технічного рішення, а також апаратурне оформлення повинне вирішуватись для кожної конкретної сушарки індивідуально. Використання рекуперативних теплообмінників у поєднанні з тепловими насосами є ефективним засобом енергозбереження, що дозволяє здійснювати глибоку утилізацію вторинних енергетичних ресурсів.

Література

1. Безбах И. В., Зыков А.В., Донкоглов В. И., Омар Саид Ахмед Развитие конструкций тепло-массообменных аппаратов на базе автономных двухфазных модулей // Наукові праці ОНАХТ. – 2008. Вип. 32.
2. Бурдо О. Г., Безбах И. В., Зыков А. В., Омар Саид Ахмед. Повышение энергетической эффективности процессов обезвоживания пищевого сырья. Интегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. Харків: НТУ «ХП», 2008.– № 2.–172 с.
3. Муштаев В.И. Разработка и исследование сушки дисперсных материалов на основе термодинамических методов и промышленное внедрение сушильных аппаратов: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Москва, 1974.– 46 с.
4. Дворецкий, Д.С. Интегрированное проектирование энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических процессов и систем управления: стратегия, методы и применение / Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, Г.М. Островский // Теорет. осн. хим. технолог. – 2008. – Т. 42, № 1. – С. 29-39.
5. Дубовкіна І.А., Чалаєв Д.М., / Методи підвищення енергетичної ефективності сушильних установок распылительного типа // Наукові праці ОНАХТ. – 2010. Вип. 37. – С. 262-267.
6. Чалаєв Д.М., Дубовкіна І.О. / Підвищення енергоефективності розпилювальних сушильних установок // Збірник тез доповідей VII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» (19-21 листопада, Київ) / Київ.: НТУУ «КПІ», 2010. – Ч. I. – 125 с.
7. Дубовкіна І.О. Методи підвищення енергоефективності розпилювального сушіння та їх реалізація в технологічних лініях : Автореферат дис. канд. техн. наук – Київ, 2011. – 26 с.
8. Kudra T. Heat-Pump Drying / T. Kudra // Advanced Drying Technologies / T. Kudra, A.S. Mujumdar. – 2nd ed. – New York, 2008.
9. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврин В.С., Дабіжа Н.О. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання. – Київ.: ТОВ «Поліграф-Сервіс», 2008. – С. 43-47.

ГІДРОДИНАМІКА СТАЦІОНАРНОГО ШАРУ ПОДРІБНЕНОЇ “ЕНЕРГЕТИЧНОЇ” ВЕРБИ ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ

Мосяк М.І., Атаманюк В.М., Кіндзера Д.П.

Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів

У статті представлено результати експериментальних досліджень гідродинаміки руху теплового агента крізь стаціонарний шар подрібненої “енергетичної” верби. Одержано критеріальні залежності, які дають змогу використати отримані результати для проектування нового сушильного обладнання за подібних гідродинамічних умов.

Results of experimental researches of hydrodynamics traffic heat agent through stationary layer of dismember “energetic” willow. We are getting criterion dependences, which give us possibility to use results for projection new drying equipment by similar hydrodynamics conditions.

Ключові слова: Подрібнена “енергетична” верба, дисперсний матеріал, внутрішня задача гідродинаміки, стаціонарний шар, коефіцієнт опору, фільтраційне сушіння.

Постановка проблеми. Сучасний стан вітчизняного паливно-енергетичного комплексу характеризується в першу чергу надзвичайно великим споживанням енергоносіїв на одиницю внутрішнього валового продукту. В Україні питомі витрати електроенергії в 10 разів перевищують середні витрати в розвинутих країнах, а з урахуванням транспортних і технологічних втрат – майже в 15 разів [1]. Частка електроенергії у структурі виробничої собівартості валового продукту в Україні становить майже 50 %, тоді як у розвинутих країнах – не перевищує 5 % [2]. Тому імпортна продукція в порівнянні з вітчизняною є більш конкурентоспроможною на нашому ринку.

У новому енергетичному плані ЄС, затвердженому Європейським парламентом у 2007 році, використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) до 2020 р. повинно складати не менше 20 % [3]. Як ВДЕ в Польщі, Угорщині, Чехії та інших країнах Європи широко використовують біомасу, зокрема солому, стебла кукурудзи та соняшника, гілки плодкових дерев, лозу винограду, очерет. В даний час у Швеції понад 25 % енергії отримують шляхом спалювання біопалива, насамперед деревних гранул [4], тоді ж як у країнах пострадянського простору ця частка становить лише 0,8 %. Останні події, які відбулися в Японії (Фокусіма), підтвердили, що використання атомної енергії є надзвичайно небезпечним, тому використання альтернативних джерел енергії є надзвичайно актуальним. Одним із напрямків вирішення проблеми отримання додаткових джерел енергії є використання спеціально вирощеної плантаційної деревини.

Аналіз останніх публікацій. Використанню швидкоростучої “енергетичної” верби як нетрадиційного джерела енергії присвячено ряд наукових статей [1-4]. Плантації деревини насаджують на територіях, які втратили свою актуальність з точки зору сільського господарства [1]. Відомо, що насаджена деревина покращує хімічний склад повітря, регулює просочування атмосферної і ґрунтової вологи, сприяє збагаченню ґрунтів і перешкоджає їх ерозії. Серед переваг отримання енергії із такої деревини є низька собівартість, екологічна безпека за рівнем викидів шкідливих речовин у довкілля під час спалювання. Зола, яка утворюється при цьому, може використовуватись як добриво для підживлення плантаційної деревини або інших сільськогосподарських культур. Для використання “енергетичної” верби як нетрадиційного джерела енергії її подрібнюють і висушують у пневмотранспортних або барабанних сушильних апаратах, на що витрачається тепла енергія. Від кількості затраченої енергії на процес сушіння залежить собівартість і привабливість цього виду палива. Тому дослідження процесів, пов’язаних із сушінням подрібненої “енергетичної” верби, є актуальною задачею.

Відомо, що фільтраційне сушіння є одним із високоінтенсивних методів. Як стверджують ряд авторів [5-7], першим етапом дослідження фільтраційного сушіння є дослідження гідродинаміки стаціонарного шару дисперсного матеріалу. В роботах [6-9] для прогнозування втрат тиску в стаціонарному шарі дисперсного матеріалу використовують залежність Дарсі – Вейсбаха, яку приводять до модифікованого двочленного рівняння Ергана. Автори [7, 8, 10, 11] узагальнюють результати експериментальних досліджень у безрозмірній формі:

$$Eu = A \cdot Re^{-x} \cdot \left(\frac{H}{d} \right)^y \quad (1)$$

та експериментально визначають невідомі коефіцієнти і показники степенем. Для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя для частинок циліндричної форми автори [12] представляють його у вигляді залежності:

$$\lambda = \frac{C}{Re^n} \quad (2)$$

У роботі [13] авторами аналізується внутрішня і зовнішня задачі гідродинаміки фільтраційного сущіння технічного вуглецю, а коефіцієнт гідравлічного опору стаціонарного шару представляють у вигляді розрахункової залежності:

$$\lambda = A \cdot Re^n \quad (3)$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя також представляють у вигляді [14]:

$$\lambda = \frac{A}{Re} + B \quad (4)$$

де “А” і “В” – невідомі коефіцієнти, які визначають експериментальним шляхом.

Як стверджують автори [15] і багато інших, універсальні розрахункові залежності, які можна було би використовувати для будь-яких дисперсних матеріалів, відсутні, тому практично для кожного класу дисперсного матеріалу необхідно експериментально визначати невідомі коефіцієнти рівнянь (1) – (4). Аналіз джерел літератури показав, що в технічній літературі дослідження подібних за формою частинок подрібненої “енергетичної” верби відсутні і скористатись відомими розрахунковими залежностями є неможливо, тому дослідження гідродинаміки є актуальною задачею.

Метою даної роботи є на основі експериментальних досліджень встановити розрахункові залежності, у безрозмірній формі зручній для використання в інженерній практиці, які б дали змогу прогнозувати втрати тиску в стаціонарному шарі подрібненої “енергетичної” верби.

Експериментальна частина. Подрібнена “енергетична” верба являє собою суміш частинок, що мають волокнисту і в основному циліндричноподібну форму, зокрема: голкоподібну ($L > 20D$), подовгасту ($15 D \leq L \leq 20 D$), грубу подовгасту ($L \approx 10 D$), тонку подовгасту ($5 D \leq L \leq 10 D$), округлу $L \approx 2 D$. У зв'язку з цим представити визначальний розмір стаціонарного шару одним усередненим параметром частинки неможливо. Тому, як визначальний розмір для стаціонарного шару подрібненої “енергетичної” верби, крізь який фільтрується газовий потік, ми вибрали еквівалентний діаметр каналів між частинками d_e . Для цього подрібнену “енергетичну” вербу розділили на фракції (за діаметром частинок рис. 1.) і мікроскопічним методом визначали усереднений діаметр частинок кожної фракції зокрема, як середньозважену величину (див. табл.).

Таблиця – Основні характеристики частинок подрібненої “енергетичної” верби

Фракція $d \times 10^3$, м	0-0,315	0,315-0,63	0,63-1,25	1,25-2,5	2,5-5
G , кг $\cdot 10^3$	3,26	10,71	28,04	51,55	5,56
%, мас	3,29	10,81	28,29	52,00	5,61
$d \cdot 10^3$, м	0,17	0,51	0,82	2,1	3,7
L , м	315,82	1152,84	1167,53	327,27	1,14
F , м ²	0,16858	1,846154	3,00617	2,15803	0,01321

За масою фракції, уявною густиною деревини і усередненим діаметром d визначали сумарний об'єм всіх частинок для кожної фракції зокрема. Враховуючи велику різноманітність довжин частинок однієї фракції, з визначеного об'єму розраховували сумарну їх довжину L . Поверхню всіх частинок фракції визначали як поверхню циліндра діаметром d і довжиною L .

Питома поверхня шару подрібненої “енергетичної” верби визначалась із залежності [14]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N F_i}{V} \quad (5)$$

де F_i сумарна поверхня всіх частинок i -ої фракції, м², V - об'єм шару, м³.

Визначена пікнометричним методом пористість полідисперсного шару становила $\epsilon_{ш} = 0,834 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Еквівалентний діаметр каналів, крізь які фільтрується газовий потік, розраховували за залежністю [15]:

$$d_e = \frac{4 \cdot \epsilon_{ш}}{a} \quad (6)$$

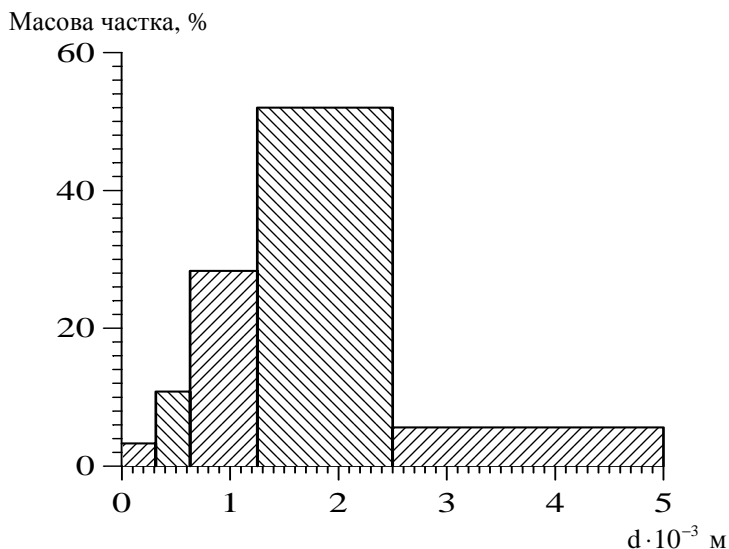


Рис. 1 – Гранулометричний склад подрібненої “енергетичної” верби за діаметром частинок

Візуальний аналіз структури шару показав незначне взаємне перекриття поверхні частинок, яка омивається газовим потоком ($\varepsilon_{ui} = 0,834 \text{ м}^3/\text{м}^3$), тому згідно з рекомендаціями [15] степiнь перекриття прийнято рівним $K_{II} = 0,9$. Всі розрахунки проводили на основі вищеприйнятих допущень.

Дослідження втрат тиску в стаціонарному шарі подрібненої “енергетичної” верби проводили на лабораторній установці і за методикою наведеною в [12]. Залежність втрат тиску від фіктивної швидкості фільтрування теплового агента наведено на рис. 2. Для опису гідродинаміки стаціонарного шару дисперсного матеріалу використовували залежність Дарсі-Вейсбаха, у якій невідомою величиною є коефіцієнт гідравлічного тертя λ . Для визначення невідомого коефіцієнта λ автори [6] рекомендують лінеаризувати це рівняння і представити його у вигляді:

$$\frac{\Delta P}{H_e \cdot v_0} = A + B \cdot v_0 \quad (7)$$

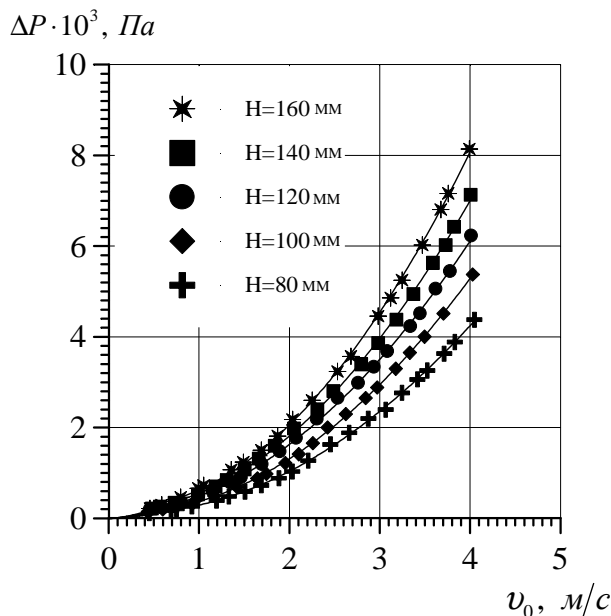


Рис. 2 – Залежність втрат тиску в стаціонарному шарі подрібненої “енергетичної” верби від фіктивної швидкості для різних висот шару

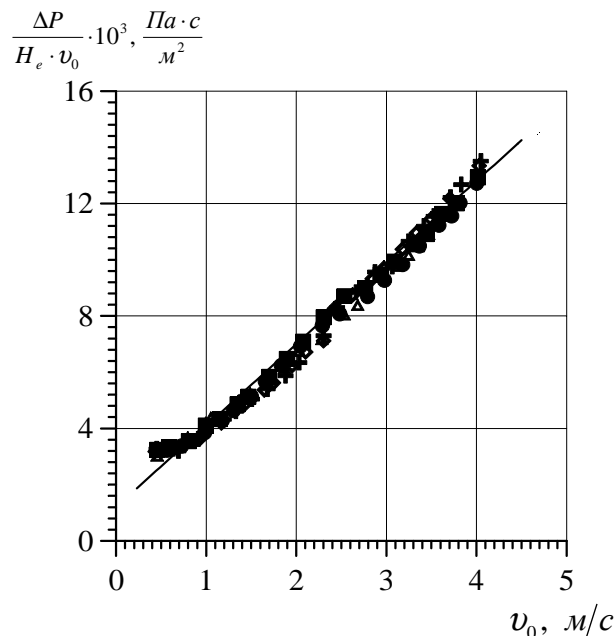


Рис. 3 – Залежність $\Delta P / (H_e \cdot v_0)$ від v_0 фіктивної швидкості (позначення відповідають рис. 2)

Для визначення коефіцієнтів “А” і “В” результати експериментальних досліджень представляють у вигляді графічної залежності $\Delta P / (H_e \cdot v_0) = f(v_0)$ (рис. 3), з якої за відрізком, який відтинає пряма на осі ординат знаходять значення коефіцієнта “А”, а за тангенсом нахилу прямої до осі абсцис коефіцієнт “В”.

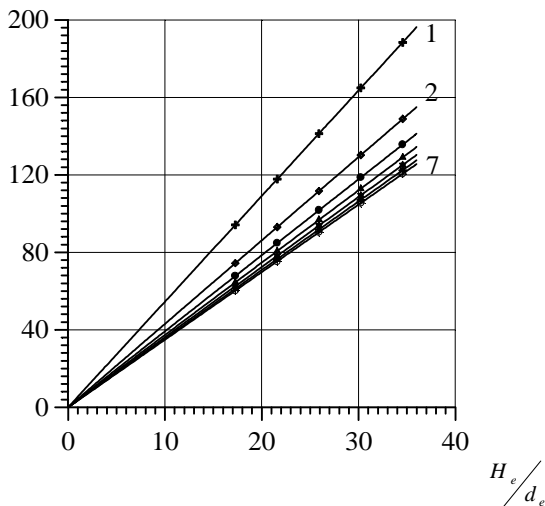
Тоді залежність (7) матиме вигляд:

$$\frac{\Delta P}{H_e \cdot v_0} = (2900 + 1200 \cdot v_0) \quad (8)$$

Отримана залежність (8) дає змогу прогнозувати енергетичні затрати на створення перепаду тисків у стаціонарному шарі подрібненої “енергетичної” верби. Однак, у цьому випадку коефіцієнт гідравлічного тертя виражений в неявній формі. Отримана залежність є справедливою лише для того обладнання, на якому проводилися експерименти, і лише для умов експерименту. Використання залежності (8) для іншого обладнання або інших гідродинамічних умов призводить до значних похибок між прогнозованими втратами тиску і експериментальними. Для того щоб результати експериментальних досліджень можна було поширити для проектних розрахунків промислових установок фільтраційного сушіння, їх необхідно узагальнювати на основі безрозмірних комплексів (1) або визначити коефіцієнт гідравлічного тертя в явній формі як функцію від числа Рейнольдса (2) – (4). Це дасть змогу, користуючись теорією подібності, використовувати отримані результати для подібних умов, що відрізняються між собою, наприклад геометричними розмірами або числовими значеннями технологічних параметрів.

На рис. 4 експериментальні дані представлені у вигляді графічної залежності $Eu = f(H_e/d_e)$, з якої за тангенсом нахилу прямих до осі абсцис для кожного числа Рейнольдса визначали невідомі коефіцієнти А, x_i у розрахункової залежності (1).

Eu



для 1-Re=200, 2-Re=400, 3-Re=600, 4-Re=800,
5-Re=1000, 6-Re=1200, 7-Re=1400

Рис. 4 – Залежність числа Ейлера від геометричного симплекса H_e / d_e

Як видно з рис. 4, значення показника степені “у” дорівнює одиниці (про що свідчить лінійна залежність $Eu = f(H_e/d_e)$).

З рис. 5 визначаємо коефіцієнт А, який є функцією числа Рейнольдса і дорівнює

$$A = 17,2 \cdot Re^{-0,22}$$

З урахуванням визначених коефіцієнтів “А” і “n” залежність (1) можна представити у вигляді:

$$Eu = 17,2 \cdot Re^{-0,22} \cdot \frac{H_e}{d_e} \quad (9)$$

Експериментальні дані (рис. 2) можна також представити у вигляді функціональної залежності $Eu / (H_e/d_e) = f(Re_e)$ (рис. 6), що дасть змогу зменшити кількість необхідних обрахунків, а коефіцієнт гідравлічного тертя визначити із залежності [17]:

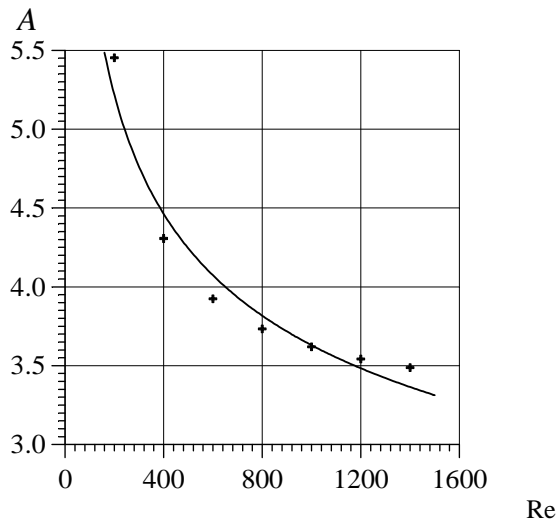


Рис. 5 – Залежність коефіцієнта А від числа Рейнольдса

$$\frac{Eu \cdot d_e}{H_e} = \frac{\lambda}{2} \quad (10)$$

тоді:

$$\lambda = 2 \cdot \frac{Eu \cdot d_e}{H_e} \quad (11)$$

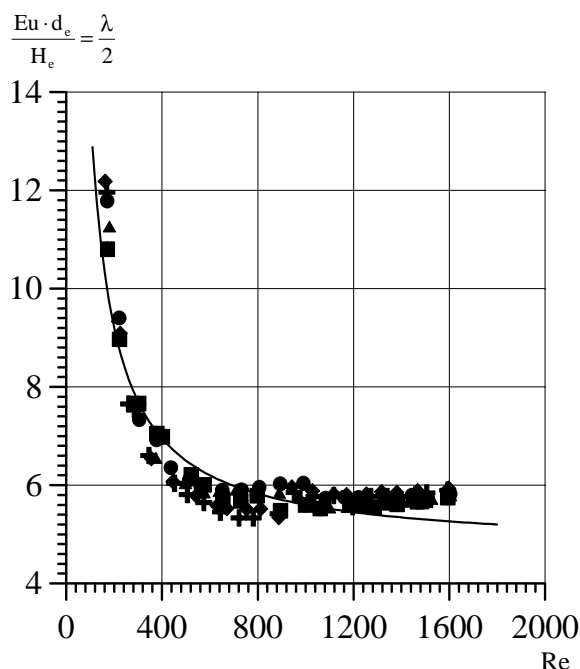


Рис.6 – Залежність коефіцієнта гідравлічного опору від числа Re

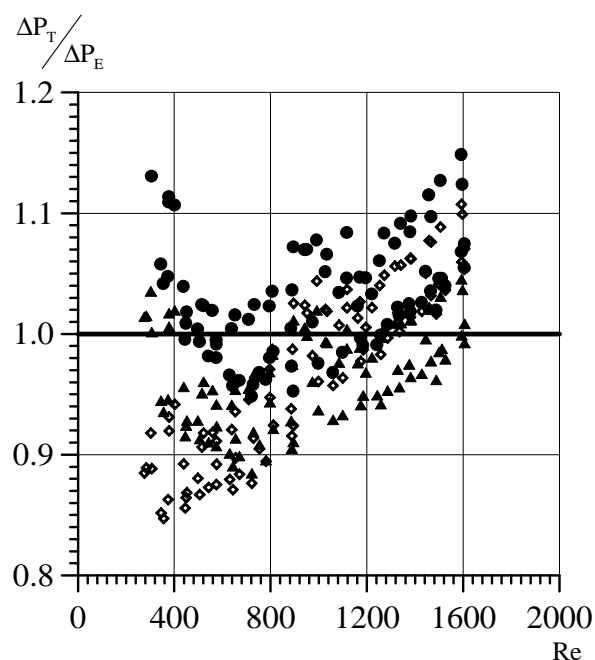


Рис. 7 – Кореляційна залежність між співвідношенням $\Delta P_T / \Delta P_E$ та числом Рейнольдса

Аналіз рис. 6 показує, що за малих чисел ($Re = 50 - 400$) коефіцієнт гідравлічного тертя змінюється в широких межах від $\lambda=6$ до $\lambda=12$, а після досягнення значення числа $Re = 400$ маємо автономний режим, під час якого коефіцієнт гідравлічного тертя майже не залежить від режиму фільтрування теплового агента. Тому залежність гідравлічного тертя доцільно представити у вигляді залежності (4):

$$\lambda = 2 \cdot \left(\frac{900}{Re} + 4,8 \right) = \frac{1800}{Re} + 9,6 \quad (12)$$

З метою порівняння точності визначення коефіцієнта опору λ із вищенаведених залежностей (11) і (12) втрати тиску в стаціонарному шарі розраховували за відомим рівнянням Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{H_e}{d_e} \cdot \frac{\rho \cdot v_0^2}{\epsilon_{ш}} \quad (13)$$

Результати порівняння, наведені на рис. 7, показують, що найменшу похибку між розрахунковими й експериментальними даними маємо у випадку використання залежності (8): похибка становить менше $\pm 13\%$. Однак застосовувати залежність (8) для практичних розрахунків обладнання, яке має інші геометричні розміри, неможливо через великі похибки (понад 60%), тому що вплив геометричних розмірів установки і режиму фільтрування теплового агента закладені в коефіцієнти A і B. Для сушильних установок з іншими геометричними розмірами і режимами фільтрування теплового агента ці коефіцієнти будуть іншими. Для запропонованих нами розрахункових залежностей (12) і (13) максимальна відносна похибка не перевищує для (12) і (13) $\pm 14\%$.

Висновки

Визначений коефіцієнт гідравлічного тертя λ дає змогу прогнозувати енергетичні затрати на процес фільтраційного сушіння в широких межах швидкості фільтрування теплового агента ($200 \leq Re \leq 1600$).

Як свідчить аналіз результатів (рис. 7), максимальна похибка між експериментальними даними і розрахованими даними не перевищує для (12) і (13) $\pm 14\%$, що цілком прийнятно для проектних розрахунків сушильного обладнання.

Література

1. Макарчук О.Г. Ефективність використання біоенергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.04 Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності) /О.Г. Макарчук. – К., 2010. – 20 с.
2. Кудря С.О. Законодавча база відновлюваної енергетики в Україні /С.О. Кудря// Відновлювана енергетика XII століття : матер. 10 ювілейної Міжнар. наук.-практ. конф. (14-18 вересня 2009 р.). [Електронний ресурс]. Доступний з <http://www.ive.org.ua/conference2009/kudrya%20res%20nikolaevka.pdf>.
3. Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future. Communication from the commission to the council and the European parliament commission of the European communities. – Brussels, 10.1.2007, COM (2006) 848 fina. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:FIN:EN:PDF>.
4. Волович О. Перспективи диверсифікації джерел постачання енергоносіїв в Україну О. Волович //Національний ін-т стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. Доступний з <http://www.niss.gov.ua/Monitor/mart2009/5.htm>.
5. Гузьова І.О. Гідродинаміка фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів /І.О. Гузьова, Я.М. Ханник// Вісник ДУ “Львівська політехніка”: Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів: – 2000. – №414. – С. 168-172.
6. Кіндзера Д.П. Зернистий матеріал. Гідродинаміка полідисперсного шару / Д.П. Кіндзера, Я.М. Ханник, В.М. Атаманюк //Хімічна промисловість України. –К.: –2 002. – №6. – С. 38-42.
7. Ханник Я.М. Гідродинаміка і кінетика процесу сушіння глини у щільному шарі під час ІЧ-нагрівання /Я.М. Ханник, Т.І. Римар, О.М. Креховецький //Науковий вісник. Збірник науково-технічних праць. НЛТУУ –Львів: – 2006. вип. 16 – С.74–78.
8. Атаманюк В.М. Фільтраційне сушіння. Гідродинамічний опір полідисперсного шару зернистого матеріалу / В.М. Атаманюк //Хімічна промисловість України. –К.: – 2004. –№6 – С. 47-51.
9. Атаманюк В.М. Гідродинаміка фільтраційного сушіння дисперсного матеріалу /В.М. Атаманюк// Всеукраїнський наук.-техн. журнал. Промислова гідравліка і пневматика. –Вінниця: –2006. –№1 (11).
10. Ханник Я.М. Особливості гідродинаміки під час руху теплоносія крізь шар сухого дисперсного матеріалу /Я.М. Ханник, Т.І. Римар, І.О. Гузьова// Науковий вісник. Збірник науково-технічних праць. НЛТУУ, –Львів: –2007. вип. 17.8. –С. 74-78.
11. Атаманюк В.М. Гідродинаміка стаціонарного шару технічного вуглецю / В.М. Атаманюк, Я.М. Гумницький //Восточно-Европейский журнал передовых технологий// Харків: 5₅ (41) –2009. С. 29-34.
12. Атаманюк В.М. Гідравлічні закономірності роботи апаратів із стаціонарним шаром дисперсного матеріалу. //Атаманюк В.М., Ходорівський Р.В., Барна І.Р. Вісник Національного університету ”Львівська політехніка”, Хімія, технологія речовин та їх застосування. № 667, 2010, – С.253–258.
13. Атаманюк В.М., Ханник Я.Н. Гидродинамика фильтрационной сушки зернистых материалов //Современные энергосберегающие тепловые технологии: I Междунар. научно-практ. конф. – М., 2002. – Т.4. – С. 148-152.
14. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах – М.: Химия, 1981. – 812 с.
15. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым флюидом. Л.: Химия, 1979. – 176 с.
16. Лукьянов П.И. Аппараты с движущимся зернистым слоем. Теория и расчет – М.: Машиностроение, 1974. – 184 с.
17. Атаманюк В.М. Динаміка фільтраційного сушіння дрібнодисперсного кам'яного вугілля /В.М. Атаманюк, Я.М. Гумницький /Енергетика та електрифікація// К.: 2009. №1 – С.28-32.

ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ

Петров В.Н., канд. техн. наук, доцент, Гросул Л.И., д-р техн. наук, профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий

В статье рассмотрено развитие измельчающего оборудования на примере вальцовых станков. Наиболее подробно изложены конструктивные решения применительно к установочным механизмам данного вида оборудования.

In the article a question of development of size reduction equipment was considered with a specific reference to mill roller. There was given a detailed account of structural solution relating to adjusting mechanism of this equipment type.

Ключевые слова: измельчающее оборудование, вальцовый станок, валец, установочный механизм, мука.

В литературе очень слабо освещены вопросы конструктивного развития измельчающего оборудования. Учитывая исторический опыт создания образцов измельчающего оборудования, проанализированы конструкции вальцовых станков. Вальцовые станки в девятнадцатом веке, довольно быстро вытеснили, применявшиеся ранее для измельчения жернова, имевшие ряд недостатков. С внедрением межвальцовой передачи к усилиям сжатия, действующим в рабочей зоне на зерновку, добавились усилия сдвига, что позволило, значительно повысить степень измельчения.

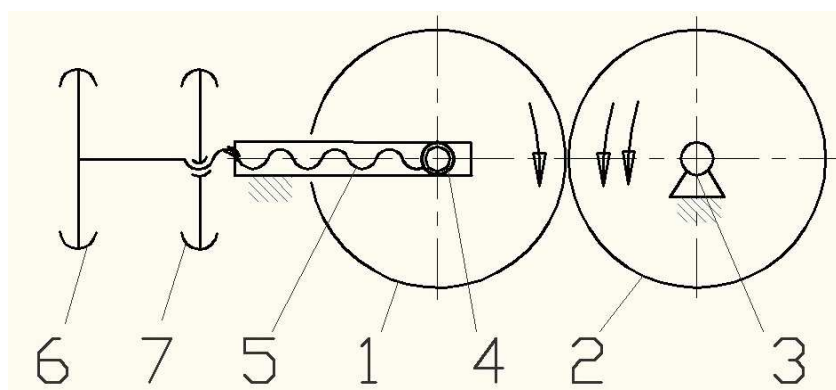


Рис. 1 – Конструкция простейшего установочного механизма

Одним из первых устройств, применяемых для установки вальцов в рабочее положение, с настройкой на необходимый межвальцовый зазор, были винтовые механизмы, расположенные по обе стороны вальцов (рис.1). Медленновращающийся валец 1 и быстровращающийся валец 2 располагались в подвижной опоре 4 и неподвижной опоре 3, соответственно. С помощью винтовых механизмов 5, вращающихся за маховички 6, опоры 4 перемещались, и можно было настроить требуемый межвальцовый зазор с обеих сторон рабочей зоны. Такая конструкция позволяла осуществить поднастройку на параллельность работающих вальцов. При отсутствии продукта данная конструкция не обеспечивает оперативного отведения одного вальца от другого, что предотвращало бы нежелательные последствия от соприкосновения вращающихся вальцов. Попадание в рабочую зону инородных тел приводило к частым поломкам механизма.

Дальнейшим развитием данного направления конструирования установочных механизмов вальцовых станков является конструкция, приведенная на рис.2. Установочный механизм имеет отдельно механизм быстрого привала-отвала медленновращающегося вальца и механизм настройки на параллельность. Валец 1 и валец 2 располагаются в подвижной опоре 4 и неподвижной опоре 3, соответственно. При этом две опоры 4 установлены в каретках 5, опирающихся на пружины 6. В пазах кареток 5 расположен эксцентриковый вал 7. Кроме этого вал 7 установлен в станине с возможностью вращательного движения. На расположенные по краям вала 7 эксцентрики, упираются упоры 8 винтовых механизмов 9. Винты на концах имеют маховички 10.

Для приведения установочного механизма в рабочее состояние, с помощью рукоятки 11, эксцентриковый вал 7, поворачивался на угол приближённо равный 60° . При этом эксцентриковые пальцы поворачивались, и каретка 5 под действием пружины 6 смещалась вправо, а валец 1 приближался к валцу 2.

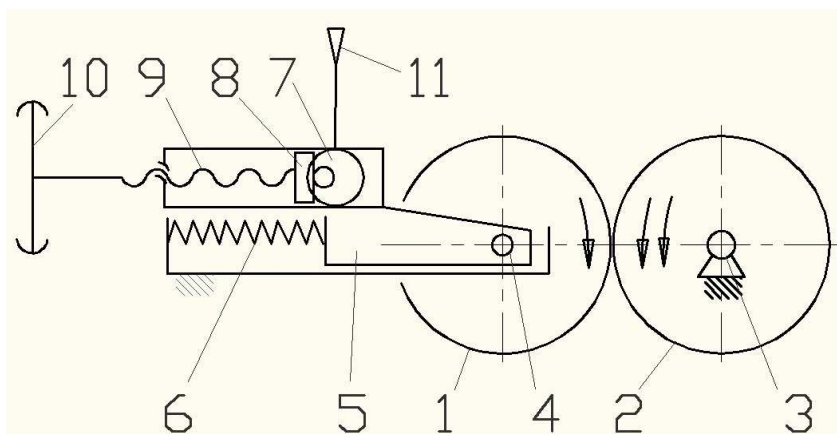


Рис. 2 – Конструкция установочного механизма с эксцентриковым валом

Требуемый рабочий зазор настраивался с помощью маховиков 10, расположенных с обеих боковых сторон вальцового станка. При этом винтовые механизмы 9 через упоры 8, позволяли регулировать положение кареток 5 с установленными подшипниками 4. Данная конструкция позволяет корректировать положение медленновращающегося вальца 1 по отношению к валцу 2, выставляя одинаковый зазор по всей длине рабочей зоны. Существенным преимуществом данной схемы, является исключение дополнительных регулировок при многократном повторении операции отвала-привала медленновращающегося вальца 1. Также исключаются поломки механизмов при попадании в рабочий зазор инородных тел. Для этого установлены пружины 6, сжимающиеся при проходе инородных тел. Следует отметить, что в конструкции данного устройства, усилия в рабочей зоне напрямую передаются на эксцентриковый вал, что сказывается на значительных усилиях, требуемых для поворота рукоятки 11, а также на долговечности многих деталей.

С целью снижения усилий в регулировочных механизмах, в вальцовых станках начали применяться рычаги первого и второго рода. Схема одной из ранних конструкций, с весовым регулированием усилий в рабочей зоне, представлена на рис.3.

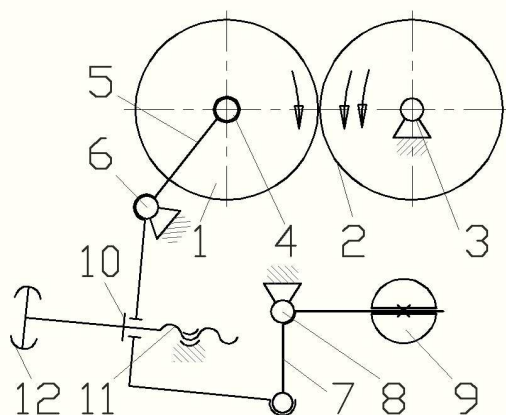


Рис. 3 – Конструкция установочного механизма с рычагом первого рода

Мелющие вальцы 1 и 2 установлены в подшипниках 4 и 3 соответственно. При этом подшипники 4 установлены на концах рычагов 5, имеющие возможность поворачиваться относительно опор 6. Рычаги 5 соединены с рычагами 7, установленными на опорах 8. Кроме этого на рычагах 7 установлены с обеих сторон вальцового станка грузы 9. Крайнее положение рычагов 5 ограничено упорами 10, неподвижно закреплёнными на винте 11. Для удобства регулирования, на винтах 11, установлены маховички 12.

Устанавливался рабочий зазор, с каждой из сторон рабочей зоны, отдельно, при помощи винтовых устройств 11, перемещающих упоры 10. При этом груз 9 и рычаг 7 заставляют рычаг 5 занять фиксированное крайнее положение, до упора 10. При попадании в вальцовый станок инородного тела, усилия в межвальцовом зазоре возрастают, что приводит к отклонению рычагов 5 и 7, а также противодействующего груза 9. После прохождения этого тела между мелющими вальцами, груз 9 возвращает рычаги 7 и 5 в исходное положение, восстанавливая требуемый рабочий зазор. Следует заметить, что отсутствие механизма привала-отвала медленно вращающегося вальца, создаёт ряд неудобств при эксплуатации вальцового станка.

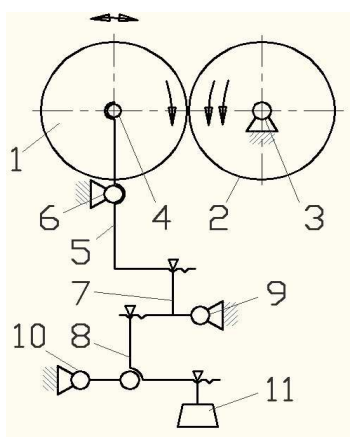


Рис. 4 – Конструкция установочного механизма с рычагами первого рода

Предлагались и другие схемы вальцовых станков с регулированием усилий размола в рабочей зоне рис. 4. Наличие нескольких рычагов первого рода 5, 7, 8, взаимосвязанных между собой и установленных в опорах 6, 9 и 10 соответственно, требуют значительно меньших гирь 11, для достижения усилий в межвальцовом пространстве, при размоле зерна.

Лучшее решение было предложено при использовании рычагов второго рода рис. 5. Мелющие вальцы 1 и 2, установлены в подшипниках 4 и 3 соответственно. Подшипники 3 установлены на рычагах 5, которые находятся в опорах 6 и своими другими концами соединены с двумя винтами 7, установленными в опорах 8. Рычаги 5 на винтах 5 зажаты между упорами 11 и предохранительными пружинами 10.

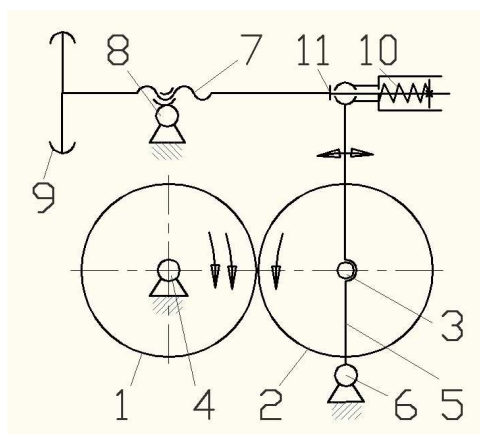


Рис. 5 – Конструкция установочного механизма с рычагами второго рода

Для настройки рабочего зазора между мелющими вальцами, с помощью маховичка 9 проворачивают винт 7, что приводит к увеличению (или уменьшению) расстояния между опорой 8 и верхним концом рычага 5. Но отклонение рычага 5 имеющего стационарную опору 6 приводит к изменению расстояния между бочками вальцов с одной из сторон. Также можно изменять расстояние между вальцами и с другой стороны вальцов. Для пропуска инородного тела, служат пружины 10, сжимающиеся при увеличивающихся нагрузках и пропускающие посторонний предмет. Заметим, что усилия на регулировочном винте 7 и предохранительной пружине 10, значительно меньше усилий в рабочей зоне. Недостатком данной схемы является отсутствие привально-отвального механизма.

Одним из направлений в конструировании вальцовых станков была установка вальцов в вертикальной плоскости, что позволяло экономить на площади занимаемой технологическим оборудованием. На рис. 6 представлена схема такого вальцового станка, в котором вальцы 1 и 2, расположены в подшипниках 3 и 4 соответственно. В свою очередь подшипники 3 расположены на рычаге 5, который одним концом опирается на опоры 6 станины, а второй конец зажат между упором 7 и пружиной 8, расположенные на винте 9. Винт 9 вкручен в гайку опоры 11 и снабжен штурвальчиком 10, при проворачивании последнего рычаг 5 проворачивается вокруг опор 6, изменяя межвальцовое расстояние. Таким образом, удавалось настроить рабочий зазор в вальцевом станке. Однако в станке отсутствовала настройка на параллельность вальцов, что сказывалось на качестве выпускаемой продукции.

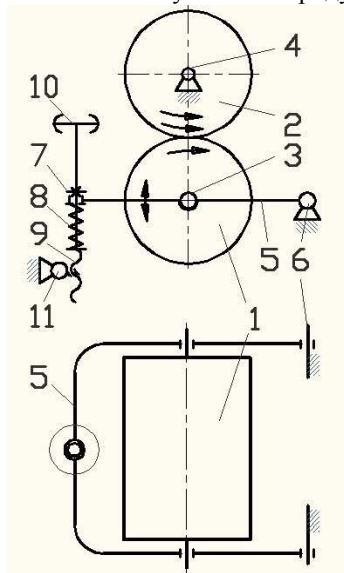


Рис. 6 – Конструкция установочного механизма с вертикальной компоновкой вальцов

Сложность обслуживания конструкции, обеспечивающей все необходимые технологические функции вальцового станка, заставила конструкторов разъединить некоторые механизмы, что сказалось на его громоздкости. В качестве примера рассмотрим схему вальцового станка с возможностью регулирования положения двух вальцов (рис. 7).

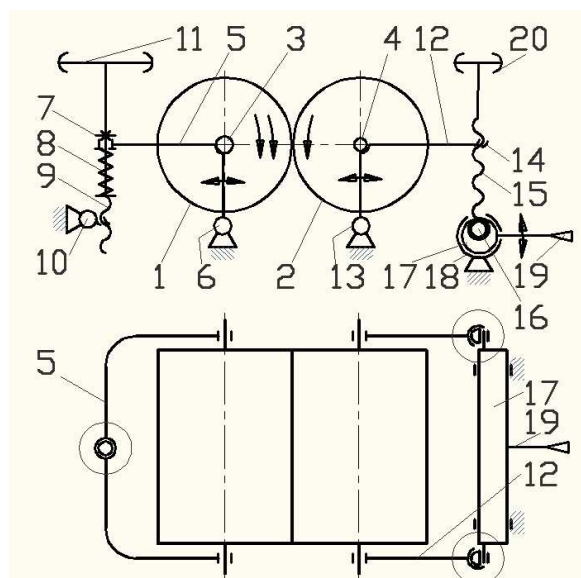


Рис. 7 – Конструкция установочного механизма с регулировкой двух вальцов

Мелющие вальцы 1 и 2, расположены в подшипниках 3 и 4, которые в свою очередь установлены на рычагах 5 и 12, соответственно. Рычаг 5 с одной стороны установлен в неподвижной опоре 6, а второй конец зажат между упором 7 и пружиной 8, установленными на винте 9. Винт 9 входит в соединение с

опорой 10, имеющей возможность проворачиваться. Сверху винт 9 заканчивается жёстко установленным на нём маховиком 11. Рычаги 12, второго вальца 2, также с одной стороны шарнирно установлены в опорах 13 станины, а с другой через гайку 14 опираются на винт 15, который связан с пальцем 16, находящимся на эксцентриковом валу 17. Сам вал 17 расположен в подшипниках 18 станины, с возможностью проворачиваться от рычага с ручкой 19. Винт 15 снабжен штурвалом 20.

Таким образом, валец 1, можно перемещать по дуге окружности и установить в исходное положение с помощью винта 9 и рычага 5 имеющего П-образную конструкцию. Вал 2 также может перемещаться по своей дуге окружности, с помощью проворачивания рычага 19 и эксцентрикового вала 17. При этом осуществляется привал или отвал вальца 2 от вальца 1. Одной из особенностей данной конструкции, является наличие двух винтовых механизмов 15, позволяющих регулировать параллельность вальца 2 по отношению к вальцу 1. Кроме этого наличие винтового устройства 9, позволяло оперативно изменять рабочий зазор между вальцами, не сбивая настройки параллельности между вальцами.

Стремление к компактности вальцового станка привело к разработке схемы представленной на рис.8. Как следует из рисунка горизонтально расположенные вальцы 1 и 2, установлены в парах подшипников 3 и 4 соответственно. При этом подшипники 4 закреплены на станине, а подшипники 3 находятся на рычагах 5. Своими концами рычаги 5 опираются на эксцентриковые пальцы 6, установленные на валу 7.

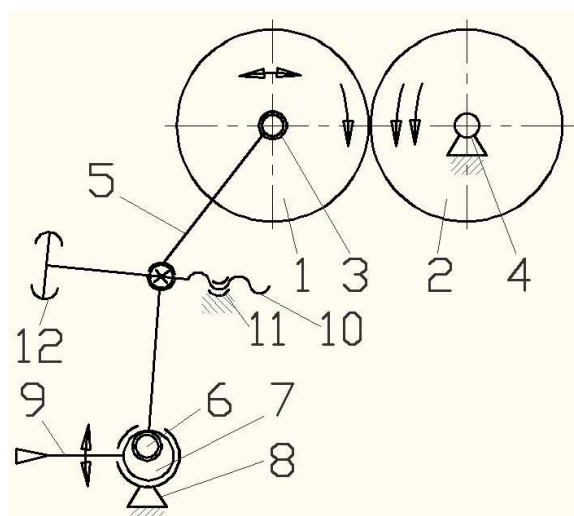


Рис. 8 – Конструкция установочного механизма с эксцентриковым валом

Сам вал 7 находится в подшипниках 8 станины. Для возможности проворачивания вала 7, он снабжен рычагом 9 с ручкой. Кроме этого рычаг 5 имеет шарнирно установленный винт 10, входящий в винтовую опору 11. Кроме этого винт 10 снабжен штурвальчиком 12.

Проворачиванием рычага 9 с валом 7, эксцентриковые пальцы 6 поднимают рычаги 5, при этом расстояние между вальцами 1 и 2 уменьшается. Валец 1 приваливается к вальцу 2 и устанавливает рабочий зазор между вальцами. Для изменения зазора вращают штурвальчики 12 на обоих рычагах 5 и добиваются требуемого рабочего зазора. Штурвальчики 12 используют и при настройке вальцов на параллельность.

Определённые неудобства, связанные с переключением низко расположенного эксцентрикового вала и тяги, идущие от него к механизмам питающих валиков, мешающие при разборке вальцового станка, заставили пересмотреть конструкцию установочного механизма. На рис. 9 изображена схема установочного механизма с верхним расположением эксцентрикового вала. Мелющие вальцы 1 и 2 установлены в подшипниках 3 и 4. При этом подшипники 4 установлены на станине станка, а подшипники 3 на концах рычагов 5. Нижний конец рычага 5 зажат между гайкой 6 и пружиной 7, установленных на винте 8. Винт 8 для регулировки, снабжен многогранником 9. Кроме этого рычаги 5 опираются на установочные винты 10. Рычаги 5 своими верхними концами установлены на эксцентриках 11 вала 12. Вал 12 для проворачивания снабжен рычагом 13 с ручкой и установлен в подшипниках 14 станины.

При привале, осуществляемом с помощью эксцентрикового вала 12, рычаги 5 проворачиваются относительно нижних точек, расположенных на упорных винтах 10. Настройка на параллельность вальцов осуществляется с помощью винтов 8, перемещающих гайки 6 и смещающих нижние концы рычагов 5. Такое перемещение требует регулировки и винтов 10, что усложняет весь механизм. Кроме этого затруднен пропуск инородного тела.

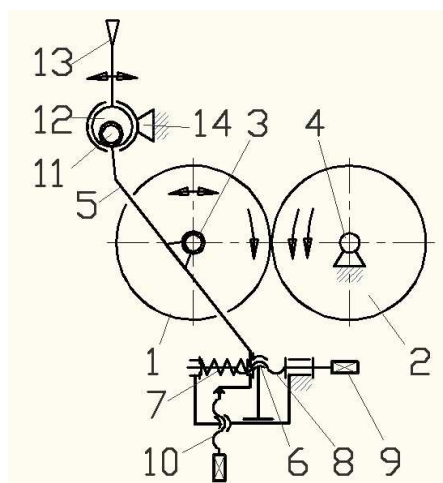


Рис. 9 – Схема установочного механизма с верхним расположением эксцентрикового вала

Од

ной из конструкций, решающих многие проблемы, является устройство с винтовыми тягами, схема которого представлена на рис. 10.

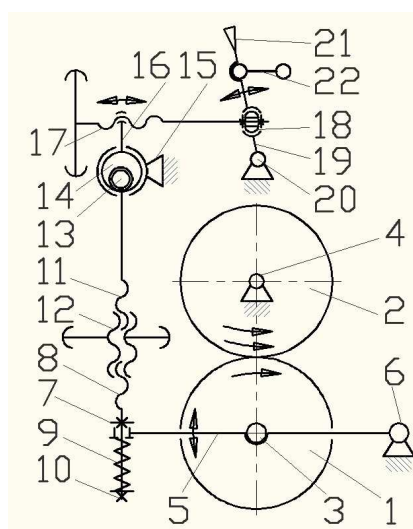


Рис. 10 – Схема установочного механизма с винтовой тягой

М

елющие вальцы 1 и 2 скомпонованы в вертикальной плоскости и расположены в подшипниках 3 и 4 соответственно. Верхний валец 2 расположен в неподвижных подшипниках станины, а подшипники нижнего вальца закреплены на рычагах 5, шарнирно закреплённых в опорах 6 станины. Кроме этого другие концы рычагов 5 расположены между упорами 7, закреплёнными на винтах 8 и предохранительными пружинами 9, закреплёнными на винте 8 с помощью гаек 10. Винт 8 с левосторонней резьбой соединён гайкой 12 с правосторонней резьбой винта 11. Винты 11 установлены на эксцентриках 13, расположенных по краям вала 14. Вал 14 установлен в подшипниках 15 станины. Кроме этого вал 14 снабжён рычагом 16, шарнирно соединённого с помощью винтового механизма 17 с рычажной системой, состоящей из рычага 19, установленного в опоре 20 станины и снабжённого рукояткой 21. Винт 17 и рычаг 19 соединены с помощью шарнира 18. Кроме этого рычаг 19 соединён тягой 22 с механизмами управления питающими валиками и заслонкой.

Привал вальца 1, осуществляется с помощью поворота рычага 19 за рукоятку 21. Настройка рабочего зазора осуществляется с помощью винтового механизма 17, а настройка на параллельность с помощью гаек 12, изменяющих тяги, состоящие из винтов 8 и 11.

Рассмотренные конструкции не все применяются в современных вальцовых станках, однако при конструировании вальцовых дробилок используются известные элементы, что значительно упрощает конструкции дробилок.

УДК 664.7.013.005.591.1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВОРОХУ

Гросул Л.Г., д-р техн. наук, професор; Гапонюк О.І., д-р техн. наук, професор;
Петров В.Н., канд. техн. наук, доцент; Яцкова Т.Й., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник
Одеська національна академія харчових технологій

Наведені результати визначення напрямків вирішення проблеми технологічного забезпечення та технічного оснащення системи приймання свіжозібраного вороху, очищення і сортування доброякісного зерна та калібрування насіння.

The results are quoted which determine directions of the solution of problem of technical providing and technical equipment of the system of newly-harvested heap, the system of refinement and assortment of a good quality grain and calibration of seeds.

Ключові слова: ворох, зерно, домішки, сепарування, очищення, калібрування.

Вступ. Найважливішою технологічною операцією, що забезпечує збереження і якість зібраного урожаю, є очищення свіжозібраного зернового вороху від грубих, крупних та дрібних домішок органічного та мінерального походження. Вони, як правило, мають відмінні від зерна фізико-механічні властивості, що істотно ускладнює подальшу післязбиральну обробку урожаю, зокрема, сушіння і сортування.

Післязбиральна обробка зерна є найбільш енергоресурсоємним процесом, на здійснення якого припадає (35-40) % витрат палива, (90-95) % електроенергії і (10-12) % трудовитрат від загальної кількості витрат на виробництво зерна. Це в 1,5-2,3 рази вище, ніж питоме споживання енергії і ресурсів на тих же технологічних процесах у найбільш розвинених і схожих за природно-кліматичними умовами країнах Західної Європи. Такі порівняно високі витрати ресурсів на завершальній стадії зернового виробництва є результатом технологічної недосконалості і відсутності належного технічного рівня використовуваних комплексів машин для післязбиральної обробки зерна. Тому гостро постало питання про удосконалення очисних комплексів, сушарок та інших засобів обробки зерна на сучасному устаткуванні з метою доведення показників його властивостей та якості до вимог відповідних кондицій [1].

Виділення з вороху пилоподібних і солом'яних домішок значно знижує імовірність виникнення завалів і спалахів у сушарках, на (40-60) % підвищує рівномірність нагріву зерна і, як показують дослідження, на (3-5) % зменшує витрати тепла на його сушіння. Тільки за рахунок механічного видалення найбільш крупних домішок вологість зернового вороху знижується на (1-3) %, збільшуючи тим самим термін його безпечного зберігання до сушіння. Оскільки імовірність отримання сухого зерна природним шляхом не перевищує 60 %, попереднє очищення вважається обов'язковою операцією в технологічному ланцюзі його післязбиральної обробки.

Завершальною стадією системи виробництва зерна передбачено обробку вороху та очищення зернопродуктів, яка виконується з метою доведення властивостей отриманого основного зерна та показників якості до кондиційних вимог та умов наступного використання, зберігання або відпуску його споживачам. Для цього чинна технологія передбачає попереднє очищення вороху від грубих домішок органічного та мінерального походження, сушіння суміші вологого зерна з усіма залишками домішок, первинне очищення сухого зерна від крупних та дрібних і аеродинамічно легких та важких домішок, сортування сухого зерна на фракції товарного, продовольчого та фуражного призначення, вторинне очищення партій зерна та відпуск його споживачам або закладка на тривале зберігання [2].

Основними недоліками такої послідовності післязбиральної обробки вороху можна вважати наступне.

Стан проблеми. Транспортування та надходження до сушарки суміші зерна, отриманої тільки після попереднього очищення вороху, з порівняно високим вмістом крупних та дрібних часток і аеродинамічно легких та важких домішок, що відрізняється зниженою сипкістю, сприяє утворенню заторів, дестабілізує роботу транспортних механізмів і приводить до створення пожежонебезпечних ситуацій при експлуатації сушарок. Недоліком можна вважати і сумісне сушіння різного за властивостями та показниками якості зерна різного призначення у суміші майже з усіма видами наявних у воросі домішок, крім грубих. Така ситуація позбавляє можливості оптимізації режиму сушіння, спричиняє необхідність у непро-

дуктивних витратах тепла та приводить до зниження якості отриманих зернопродуктів. Усунення цих недоліків можна досягти шляхом застосування перспективних транспортно-технологічних комплексів для поєднання операцій попереднього та первинного очищення зернової суміші до направлення її на сушіння. Однак, розробка та створення таких комплексів стримується відсутністю механіко-технологічних основ енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вроху.

Напрями дослідження. Дослідження спрямовані на обґрунтування конструктивно-функціональних рішень, встановлення технічно доцільних умов компонування транспортних та технологічних елементів і визначення параметрів проектних варіантів устаткування для оперативної обробки вроху та високоефективної очистки вологого зерна у післязбиральний період. Розробки виконуються з метою зниження енергоємності обробних операцій, підвищення якості їхнього виконання, попередження пожежонебезпечних ситуацій та забезпечення сумісності з діючим обладнанням при його експлуатації і можуть бути використані у фермерських господарствах, державних та приватних сільськогосподарських підприємствах безпосередньо в регіонах вирощування зернової сировини, споживання готової продукції та застосування відходів виробництва на малих переробних та хлібоприймальних підприємствах. Робота включає аналіз стану проблеми, аналітичні та експериментальні дослідження, розробку схемних рішень транспортно-функціональних комплексів та практичних рекомендацій із впровадження оптимальних результатів у виробництво.

Об'єктом досліджень є технології та обладнання ліній приймання свіжозібраної зернової сировини, призначені для оперативної обробки вроху та очищення вологого зерна від грубих, крупних і дрібних домішок органічного та мінерального походження, які відрізняються розмірами, густиною та аеродинамічними властивостями від часток основного зерна. Існуючі технологічні комплекси базуються на обладнаних різними транспортними засобами та оперативними ємностями повітряно-ситових ворохоочисних агрегатах, які відрізняються недостатньою ефективністю і майже не пристосовані для очистки вологого зерна.

Предметом дослідження є встановлення можливостей скорочення технологічного циклу, зниження витрат енергії, спрощення режимів обробки вроху та підвищення якості очищеного вологого зерна за рахунок поєднання транспортних та технологічних операцій. Запропонований напрямок досліджень передбачає встановлення можливостей паралельного і одночасного виконання маніпуляцій з переміщення зернових сумішей, розділення їх на фракції за різницею в комплексі властивостей та формування і відокремленого виведення потоків очищеного зерна та домішок. Реалізація цього напряму відкриває шляхи як технічного об'єднання робочих органів транспортних та технологічних засобів, так і їх привідних механізмів, систем управління роботою та регулювання режимів, аспіраційних пристроїв та засобів безпечного обслуговування.

Методика досліджень. Проведенням досліджень запропонованого об'єкта з метою встановлення можливостей поєднання транспортних і технологічних операцій вирішується проблема скорочення технологій та спрощення режимів обробки, зниження капітальних витрат та удосконалення технічного забезпечення ліній приймання вроху та попереднього очищення вологого зерна, зниження витрат та підвищення якості останнього, економія енергетичних ресурсів та підвищення пожежної, вибухової та екологічної безпеки фермерських господарств, державних та приватних сільськогосподарських підприємств безпосередньо в регіонах вирощування зернової сировини, її кондиціонування, зберігання та споживання готової продукції як на малих, так і на великих зернопереробних та хлібоприймальних підприємствах.

Метою досліджень є розробка механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки збіжжя. До останніх можна віднести технологічні операції і технічні засоби для попереднього сепарування вроху та грубих домішок, основного очищення вологого зерна від домішок, сортування зерна на фракції товарного, продовольчого та фуражного призначення, індивідуальне сушіння фракцій вологого зерна при оптимальних режимах, охолодження зерна після сушарки, калібрування зерна доброякісних фракцій із виділенням насінневого (посівного) матеріалу, остаточне очищення партій зерна і насіння та відпускання його споживачам або закладка на тривале зберігання. Перехід від кожної із зазначених раніше технологічних операцій до наступних вимагає переміщень об'єктів обробки, які утворюють групу допоміжних транспортних операцій. При цьому розвиненість технологічного процесу попереднього, основного та остаточного очищення зерна і розгалуженість транспортних операцій обумовлюють підвищені витрати енергії, розтягнутість технологічного процесу, перевантаженість технологічної лінії, приймання зерна великою кількістю обладнання та низьку ефективність його роботи.

Основна частина. Практичні задачі, на розв'язання яких спрямовано роботу, включає наступне:
— обґрунтування засад та визначення умов поєднання операцій попереднього та основного очищення вологого зерна безпосередньо перед відправкою його до сушарки;

- встановлення вимог та пошуки напрямів розробки нових транспортно-функціональних комплексів або удосконалення наявних сепараторів для одночасного попереднього та основного очищення вологого зерна;
- визначення технічної раціональності та технологічної доцільності поєднання операцій сортування та остаточного очищення отриманих окремих фракцій висушеного зерна товарного, продовольчого та фуражного призначення;
- пошуки можливостей та обґрунтування проектних рішень з удосконалення наявних сепараторів або створенню нових транспортно-технологічних комплексів для одночасного сортування та остаточного очищення висушеного зерна товарного, продовольчого та фуражного призначення;
- узагальнення результатів теоретичних та експериментальних досліджень та розробка механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху.

Важливість досліджень для розв'язання економічних та соціальних проблем складається у тому, що впровадження їх результатів відкриває можливості суттєвого зниження непродуктивних витрат теплової та електричної енергії, дозволяє значно скоротити капіталовкладення та витрати на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонтні роботи лінії приймання вороху та кондиціонування зернопродуктів і забезпечує підвищення ефективності роботи останньої та покращення якості готової продукції у вигляді товарного, продовольчого та фуражного зерна.

Вирішення поставлених завдань удосконалення технологічного процесу післязбиральної обробки вороху вимагає проведення наукових досліджень та розробки механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху.

Під час виконання досліджень передбачається вирішення наступних завдань:

- зниження до мінімуму витрат зерна на всіх етапах його післязбиральної обробки і зберігання;
- забезпечення підготовки якісного зернового матеріалу базисних і заготовчих кондицій;
- доведення показників енерго- і матеріаломісткості процесів післязбиральної обробки зерна до рівня передових країн Західної Європи;
- реалізація у наявних технологіях максимального використання місцевих видів палива, повна автоматизація технологічних процесів;
- максимальне застосування вітчизняних машин і устаткування для створюваних і переоснащених зерноочисних сушильних комплексів.

Дослідження зі створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху необхідні для обґрунтування параметрів, будови та режимів робочих органів транспортно-функціонального технічного оснащення та реалізації умов впровадження зернової послідовності операцій післязбиральної обробки вороху з питань усунення зазначених недоліків.

Для подальшого вдосконалення зерноочисних сушильних комплексів необхідно:

- транспортно-технологічні комплекси виконувати у відповідності з вимогами перспективних технологій з максимальною уніфікацією та стандартизацією конструкції і універсалізацією за призначенням;
- приймальні відділення будувати у вигляді типових металоконструкцій заводського виготовлення, які повинні забезпечувати всі способи розвантаження автотранспорту;
- між зерноочисним відділенням і зерносушаркою необхідно встановлювати компенсуючі ємності сирого зерна для рівномірного їх завантаження протягом доби та забезпечення безперервної потокової роботи зерносушарок і комплексів в цілому (з розрахунку не менше 8-10 годин від пропускної спроможності зерносушарки);
- приймальний комплекс повинен бути обладнаний відділенням для зберігання сухого зерна у вигляді силосу, оскільки відсутність їх у складі високопродуктивних зерноочисних-сушильних комплексів з режимним зберіганням сухого зерна стримує роботу зерносушарок і знижує ефективність їхнього використання.

Механіко-технологічні основи створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху при значенні для використання в науково-дослідних установах, проектно-конструкторських бюро і монтажноплагоджувальних організаціях, на машинобудівних підприємствах, які працюють над вирішенням проблеми технологічного забезпечення та технічного оснащення галузі зернозберігаючих та переробних підприємств України.

Реалізацію викладених технологічних умов і поставлених технічних завдань, запропонованих з метою удосконалення процесів післязбиральної обробки зерна, буде рекомендовано для впровадження у виробництво при:

— розробках технологічно-транспортних комплексів з метою наближення їхньої продуктивності, ефективності, енергоємності та інших технічних характеристик до аналогічних середньостатистичних даних у промисловості;

— розширенні функціонально-технологічного призначення та розробки універсального устаткування для забезпечення одночасного виконання попереднього, основного та остаточного очищення і сортування зерна;

— сполучення зон функціонування та об'єднання технічних завдань з транспортування і технологічної обробки зернопродуктів.

Висновки. Використання розроблених механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післяжнивної обробки вороху відкриває можливості стабілізації роботи обладнання для приймання та обробки зерна, підвищення його ефективності, скорочення витрат енергії та покращення якості готової продукції. Це підтверджує необхідність впровадження отриманих механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів для розробки нового та модернізації наявного обладнання і використання прогресивних методів компоновання його в технологічні лінії, технологічні комплекси і агрегати.

Одержані результати досліджень будуть використані в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів, у наукових дослідженнях при підготовці кандидатів і докторів технічних наук, при підготовці публікацій у галузевих науково-практичних та виробничих журналах і виданнях, затверджених ВАК України як фахові. Отримані механіко-технологічні основи створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів будуть задіяні при підготовці підручника з технологічного устаткування борошномельних та круп'яних підприємств та при впровадженні лекційних курсів і нових лабораторних робіт у навчальний процес підготовки фахівців інженерно-технічного напрямку галузі зберігання та переробки зерна.

Література

1. Машины для послеуборочной обработки зерна. Учебники и учебные пособия для полготовки кадров массовых профессий. В.С.Окнин, И.В.Горбачев, А.А.Терехин, В.М.Соловьев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.
2. Авдеев А.В. Механизация послеуборочной обработки семян и увеличение производства зерна/ А.В. Авдеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 2000.– № 5.– С.42.

УДК 664.723.0(23)

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ СИСТЕМ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

Гапонюк О.И., д-р техн. наук, профессор

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Гоф О.Н., начальник экологического управления

ООО «Завод элеваторного оборудования», г. Одесса

В статье приводятся материалы по созданию энергоэффективных систем пылеподавления зерновых производств.

The article contains materials to create energy efficient dust suppression grain of new productions.

Ключевые слова: системы пылеподавления, аспирационные установки, пылеобразование, зерновые потоки.

Проблемы создания энергоэффективных систем обеспыливания неразрывно связаны с интенсивным развитием отрасли хлебопродуктов.

Основу существующих нормативных документов проектирования аспирационных установок составляют исследования процессов пылевыведения 80-90-х гг. для транспортно-технологических линий производительностью до 100 т/ч. В свою очередь, отсутствие методологии создания систем обеспыливания современных предприятий производительностью технологических линий от 100 т/ч до 1500 т/ч явилось причиной неработоспособности (высокая энергоёмкость, низкая надёжность, к.п.д. обеспыливания источников пылеобразования до 40 %) аспирационных установок. Попытки проектных организаций проектирования систем пылеподавления без соответствующей базы аэродинамических характеристик источ-

ников пылеобразования приводят к разнохарактерным, необоснованным, а порой и к абсурдным техническим решениям аспирационных установок. В результате чего запыленность рабочих помещений превышает ПДК зерновой пыли в несколько раз, концентрация пыли определяет высокую взрывоопасность, загрязнение окружающей среды зерноперерабатывающих производств превышает нормативные значения до 5 раз.

Перечисленные выше проблемы, а также задачи совершенствования технологии и автоматизации предприятий, существенное ужесточение требований экологии и взрывоопасности, предопределили необходимость создания принципиально новых систем обеспыливания.

Многоплановые исследования процессов пылеобразования, пылевыведения предприятий хранения зерна нового поколения – постройки 2000-2011 года (зерновые морские терминалы, элеваторы с металлическими силосами), проведенные Одесской национальной академией пищевых технологий (ОНАПТ) и управлением экологической безопасности завода элеваторного оборудования (ЗЭО), позволили обосновать три основных этапа построения энергоэффективных систем пылеподавления:

- разработка средств подавления пылеобразующей способности источников пылевыведений;
- создание крытий оборудования обоснованной герметичности (аэродинамического сопротивления);
- создание пылеочистительного оборудования с аэродинамическими характеристиками, синхронизированными с источниками пылевыведений.

В основу разработанной ОНАПТ и ЗЭО методологии проектирования энергоэффективных систем пылеподавления положены результаты исследований процессов пылеобразования и пылевыведения точных линий производительностью от 100 т/ч до 1500 т/ч.

Первый этап создания новых систем обеспыливания – создание средств подавления эжекционных пылевоздушных потоков, предполагает разработку устройств подавления пылевоздушных потоков. В работе [1] приведен полный перечень указанных средств, характеристика их преимуществ и недостатков, также обоснованы наиболее перспективные для зерноперерабатывающей промышленности устройства дросселирования эжекционных пылевоздушных потоков, причины возникновения источников пылевыведения.

По результатам изучения пылеобразования определены конструктивные характеристики наиболее перспективных средств пылеподавления – «тормозных – дроссельных устройств» ограниченного динамического воздействия на частицы зернового потока $P_{gr} < 0,3 P_g$ ($g = 9,81$). Место расположения средств гашения скорости определено следующими ограничивающими условиями: предотвращение боя частиц (ограничение силового воздействия на зерновки) и обустройство аэродинамических зерновых «затворов» заданного сопротивления ($H_3 > H_3$).

По результатам исследований [2] дробление частиц, бой зерновок определяется скоростью взаимодействия зернового потока и преграды торможения, вследствие чего наиболее рациональным местом размещения «дроссельных» средств является начальный участок гравитационного перемещения. С другой стороны, наиболее эффективным местом подавления эжекционных потоков является выходной участок самотека, где скорость зерновой среды, а, следовательно, интенсивность пылеобразования приобретает максимальное значение. В связи с этим, место расположения «тормозных» устройств определяется областью пересечения диапазона предельно допустимых скоростей транспортирования и эффективного гашения эжекционного давления (рис. 1).

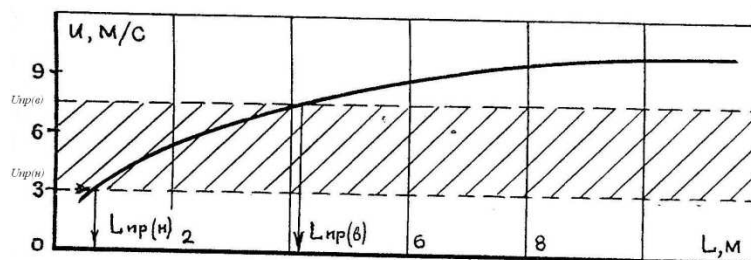


Рис. 1 – Схема определения области эффективного торможения зерновых потоков

Принципиальная схема устройства дросселирования приведена на рисунке 2. Конструктивные параметры средств гашения скорости устанавливаются из зависимостей:

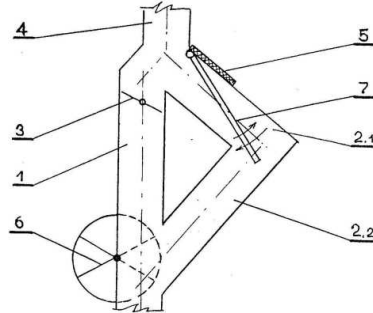
- площадь поперечного сечения переточного материалапровода дроссельного устройства

$$F_{ns} = \frac{G}{[0,5(U_0 + 0,7(2gh)^{0,5})\rho_n]}$$

- где h – высота пересыпки зернового материала;
 g – ускорение свободного падения;
 U_0 – начальная скорость потока производительностью G , плотностью ρ ;
 — длина тормозной части переточного канала

$$L = \frac{Gg}{F_M} h \frac{\Delta H_3 d_3 \varepsilon_0^3}{5,8 Re^{0,25} V_\phi^2 \rho_3 (1 - \varepsilon_0^2)^2}$$

- где F_M – площадь поперечного сечения материалопровода;
 ΔH_3 – эжекционное давление источника пылевыведения;
 d_3 – эквивалентный диаметр частиц;
 Re – число Рейнольдса;
 V_ϕ – скорость фильтрации.



1, 2.1, 2.2, 4 – материалопроводы; 3 – сливной клапан; 5 – фильтровальная ткань;
 6 – крыльчатка; 7 – клапан грузовой

Рис. 2 – Схема устройства дросселирования

Второй этап построения энергоэффективных систем обеспыливания – этап создания средств обособленной герметичности рабочей зоны оборудования предполагает создание укрытий источников пылевыведения требуемого аэродинамического сопротивления. В «Правилах проектирования аспирационных установок предприятий по збереженню та переробці зерна» [3], разработанных ОНАПТ приведены параметры рациональной герметичности оборудования зерноперерабатывающих предприятий. Вместе с тем, последние исследования ОНАПТ и завода элеваторного оборудования указывают на (30-40) % дефицит герметичности транспортно-технологических линий.

Одним из способов улучшения ситуации с герметичностью является использование многокамерных герметизирующих устройств. Сравнение объемов пылевыведения обычных – 1^и, однокамерных – 1^и и новых устройств герметизации оборудования – 1^и приведено в виде графика изменения эжекционных свойств свойств (рис. 3).

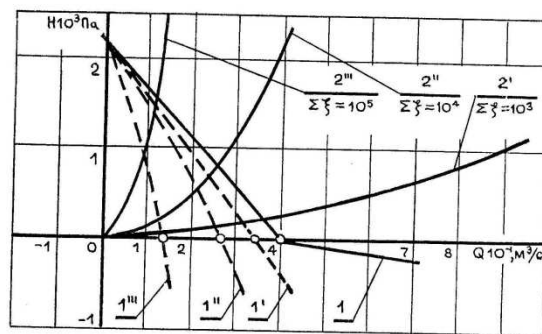
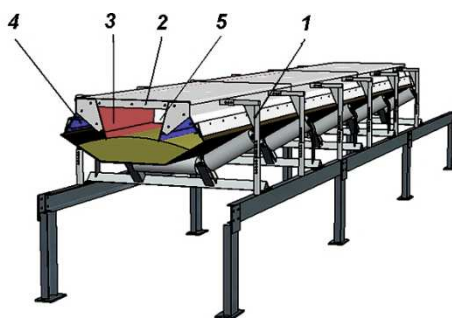


Рис. 3 – Изменение эжекционных свойств участков перегрузки

Соотношение $Q_1 \gg Q_2$ и $Q_2 \gg Q_3$ (Q_1 ; Q_2 ; Q_3 – соответственно объемы пылевыведений при обычной герметизации, при использовании усовершенствованных укрытий, при применении двухкамерных укрытий) указывает на необходимость использования укрытий максимальной герметизации.

Идея повышения герметичности укрытий путем применения промежуточных сопротивлений герметизирующих плоскостей позволяет уменьшить объем пылевыведений минимум в два раза. Использование нового типа двухкамерного укрытия ленточного конвейера (рис. 4), разработанного заводом элева-

торного обладнання на Ільичевському зерновому терміналі, дозволило повністю локалізувати пилевиділення.



1 – опорные стойки; 2 – герметическая крышка; 3 – первая осадочная камера;
4 – вторая осадочная камера; 5 – направляющая пластина

Рис. 4 – Аспирационное укрытие ленточного конвейера ЗЭО

Нижче приведені результати реконструкції систем обеспилювання на Николаевському портовому елеваторі.

Таблица 1 – Результаты реконструкции систем обеспилювання на Николаевском портовом элеваторе

Показатели	До реконструкции	После реконструкции
Количество аспирационных установок, шт.	55	17
Установленные мощности электродвигателей, кВт	440	215
Количество обеспилювателей, шт.	79	27
Количество вентиляторов, шт.	55	17
Количество аспирационных приемников, шт.	221	93

Выводы

Локальная аспирация позволяет сохранить баланс зерновой массы, возвращая отфильтрованную пыль обратно в зерновой поток, и, тем самым, исключить затраты на перемещение аспирационных отходов в бункера и их утилизацию. Научно обоснованные аэродинамические и конструктивные параметры нового оборудования позволяют при снижении затрат на аспирацию обеспечить предельно допустимую концентрацию пыли в рабочих помещениях ниже нормативно установленной, а также снизить концентрацию пыли в выбросах аспирационных систем, что уменьшает негативное воздействие на экологию.

Литература

1. Гапонюк О.И., Дмитрук Е.А. Методические основы расчета систем аспирации зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов. – М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов. Сер., Элеватор. Пром-ть, 1991. – 48 с.
2. Гапонюк О.І. Основи теорії та практики функціонування систем знесення зернопереробних підприємств: 05.18.12 / Гапонюк Олег Іванович.– 495 с.
3. Правила проектування аспіраційних установок підприємств по збереженню та переробці зерна.– К.: Міністерство сільського господарства та продовольства України, 1995. – 190 с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

Гапонюк О.И., д-р техн. наук, профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Джулинский Д.П., начальник проектного отдела экологического управления
ООО «Завод элеваторного оборудования», г. Одесса

В статье приводятся материалы по созданию локальных систем обеспыливания зерновых предприятий.

The article contains materials to create local systems of grain dust extraction enterprises.

Ключевые слова: энергоэффективность, локальные системы обеспыливания, источники пылевыделения, зерновые потоки.

Активная экспортная политика Украины на внешнем рынке привела к значительному увеличению зерновых потоков в зерновых портах. К сожалению, большинство зерновых морских терминалов, как современной постройки, так и образца 80-х годов, встретило эту волну с морально устаревшим обеспыливающим оборудованием инерционно-центробежного действия. Традиционные пылеуловители не в состоянии обеспечить особые требования к экологической безопасности акватории портов. В целом, существенное сужение сферы их применения в зерноперерабатывающей промышленности связано с ужесточением требований к выбросам в окружающую среду. В результате чего, загрязнение воздушного пространства зерновых элеваторов существенно превышает требования нормируемых ограничений.

Построения энергоэффективных систем обеспыливания основывается на идее применения локальной аспирации, устанавливаемой непосредственно на источнике пылевыделений. Отличительная особенность локальной аспирации состоит в том, что она совмещает задачи пылезабора, аспирационного приемника и пылеотделителя.

Устранение традиционного для существующей аспирации этапа транспортирования пыли в бункера отходов и исключительное обеспыливание при локальной аспирации, позволяет:

- уменьшить энергозатраты в 1,5-3 раза;
- повысить КПД пылеподавления с 30 до (90-95) %;
- устранить закупоривание, залегание пыли в воздуховодах;
- исключить энергоемкие, «капризные» пневмотранспортные режимы перемещения пылевоздушных потоков и, тем самым, повысить надежность работы как в случае стационарных, так и динамически неравновесных режимов колебания производительности потоков технологического оборудования (порционные весы, смесители и т.д.);
- исключить использование шлюзовых затворов, утилизацию пыли и т.д.

К преимуществам локальной аспирации следует отнести равномерные, выровненные, линейные эпюры давлений в плоскости очага пылеобразования, что не могут обеспечить обычные аспирационные приемники, коэффициенты выравнивания эпюр которых, не превышают 0,4. Такая ситуация напрямую определяет качество обеспыливания, надежность пылеподавления.

Использование рукавных фильтров известно на протяжении длительного времени. Вместе с тем, трудности обоснования эффективности выбора режимов фильтрации, регенерации, вида фильтровально-го материала, схемы управления работой фильтров явились причиной недостаточной надежности, эффективности их работы.

Сложности расчета процесса фильтрации и сопутствующих ему процессов общеизвестны и неоднократно отмечаются в ряде публикаций. При этом, даже для получения приближенных результатов, необходимо определять множество локальных характеристик потока, в том числе распределение давлений, скоростей и т. д. Определение полей давлений и скоростей связано с интегрированием уравнений Навье-Стокса при определенных граничных и начальных условиях.

Особенности течения запыленных газов переменной влажности, фракционного состава пыли в фильтровальных элементах обычно связаны с влиянием структуры пористой среды, определяющей характерные гидродинамические явления, возникающие при фильтрации. Истинная физическая модель течения газов в пористых средах представляется чрезвычайно сложной, поэтому вполне оправданы обобщения закономерностей фильтрации на основе идеализированных моделей течения и пористой структуры.

В результате такого подхода установлено влияние отдельных структурных параметров на особенности фильтрации пылевоздушных потоков зерновых производств.

Из анализа особенностей нелинейного перемещения, дополнительное сопротивление, возникающее при турбулентной фильтрации, выражается в долях сил инерции

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\eta v}{K_{np}} + \frac{\rho v^2}{\sqrt{K_{np}}}$$

где ΔP – гидравлическое сопротивление;
 η – коэффициент пропорциональности свойств среды;
 L – характерный масштаб зоны внутреннего сечения;
 K_{np} – коэффициент потерь.

Величина коэффициента η для конкретного типа фильтровальной ткани не зависит от гидродинамического режима течения (числа Рейнольдса).

Полученное различие значений коэффициента η для различных типов фильтровальных тканей определяется влиянием структуры порового пространства. По мере уменьшения проницаемости пористой среды происходит существенное увеличение коэффициента η . Проницаемость не является единственным фактором, определяющим изменение коэффициента η .

В соответствии с капиллярной моделью фильтрации

$$\eta = \frac{5,65 \sqrt{K_{np}}}{K_T}$$

где K_T – коэффициент турбулентности.

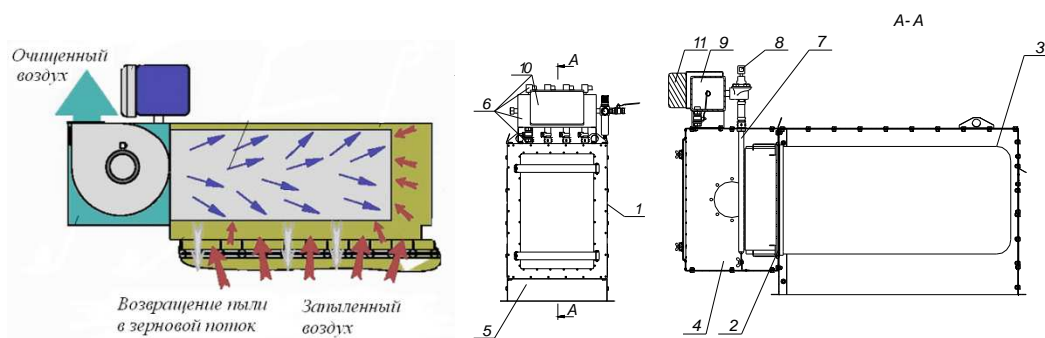
Для решения задачи обоснования рациональных режимов фильтрования, регенерации локальных фильтров важно знать границы нарушения устойчивости фильтрации.

Значения Re_{np} для различных типов фильтровальных тканей, отличающихся по структуре порового пространства, величине коэффициента проницаемости K_{np} обобщены в виде зависимости

$$Re_{np} = f(K_{np} / m^{2/3})$$

Анализ опытных значений Re_{np} показывает, что разброс Re_{np} в области изменения параметра $K_{np}/m^{2/3} < 10^{-4} \text{ см}^2$ увеличивается по мере уменьшения последнего.

Проведенные исследования позволили разработать инженерные методики и программы для расчета линейки локальных фильтров, а также обосновать систему автоматического управления работой систем обеспыливания ЗЭО-ФГ, ЗЭО-ФВ. Их основу составляют алгоритмы управления, учитывающие отличительные особенности аэромеханики различных видов пылевоздушных сред (пшеница, овес, кукуруза и т.д.), аэродинамические параметры источников пылевыделений, характеристики работы оборудования, изменение герметичности, динамику режимов функционирования транспортно-технологических линий. С использованием указанных методик и программ рассчитан и создан параметрический ряд локальных фильтров (рис.5), запатентованных ОНАПТ совместно с заводом элеваторного оборудования, оптимизированы режимные и конструктивные параметры, что позволяет повысить коэффициент очистки запыленного воздуха до 99,5 %.



1 – корпус; 2 – кассета; 3 – фильтр овальные рукава; 4 – камера очищенного воздуха;
 5 – камера запыленного воздуха; 6 – воздухораспределительный механизм; 7 – трубчатое сопло;
 8 – электромагнитные клапана; 9 – накопитель сжатого воздуха; 10 – система регенерации;
 11 – блок управления системой регенерации

Рис. 1 – Схема локального фильтра

Использование принципиально нового аспирационного оборудования позволяет значительно снизить затраты электроэнергии на аспирацию транспортно-технологического оборудования, заменив сложные разветвленные централизованные сети, требующие больших затрат электроэнергии, на локальные высокоэффективные аспирационные сети. Локальная аспирация позволяет сохранить баланс зерновой массы, возвращая отфильтрованную пыль обратно в зерновой поток и, тем самым, исключить затраты на перемещение аспирационных отходов в бункера и их утилизацию. Научно обоснованные аэродинамические и конструктивные параметры нового оборудования позволяют при снижении затрат на аспирацию обеспечить предельно допустимую концентрацию пыли в рабочих помещениях ниже нормативно установленной, а также снизить концентрацию пыли в выбросах аспирационных систем, что уменьшает негативное воздействие на экологию.

Выводы

Реализация локальных систем обеспыливания на десятках зерноперерабатывающих предприятий позволила подтвердить их высокую эффективность, надежность, возможность уменьшения энергоемкости до 3-5 раз, обеспечить показатели запыленности рабочих помещений, выбросов в окружающую среду существенно ниже нормативных.

Литература

1. Гапонюк О.І. Основи теорії та практики функціонування систем знесилення зернопереробних підприємств: 05.18.12 / Гапонюк Олег Іванович. – 495 с.
2. Гапонюк О.І., Дмитрук Е.А. Правила проектування аспіраційних установок підприємств по збереженню та переробці зерна. – К.: Міністерство сільського господарства та продовольства України, 1995. – 190 с.

УДК 631.361.43:664.788

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРОБАРКИ ЗЕРНА ПРЯМОГО УДАРУ З ВЕРТИКАЛЬНИМ РОТОРОМ

Ялпачик О.В., аспірант, Гвоздєв О.В, канд. техн. наук, доцент,
Самойчук К.О. канд. техн. наук, доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

У статті представлено результати експериментальних досліджень визначення частоти обертання ротора, кількості пальців ротора, подачі та отворів сита дробарки зерна прямого удару з вертикальним ротором.

In the article the results of experimental researches of determination of frequency of rotation to the rotor, amount of fingers of the rotor, sieve and opening of sieve of crusher of grain of direct blow with a vertical rotor are presented.

Ключові слова: подрібнення, дробарка прямого удару, ротор, зерно, дослідження, експеримент.

Постановка проблеми. Одним із чинників підвищення ефективності виробництва зернової продукції є зниження витрат на приготування комбікормів. Найважливішою операцією при приготуванні кормів є подрібнення фуражного зерна. Устаткування для здійснення цієї операції ще настільки не ідеальне, що на подолання сил молекулярного зчеплення матеріалу для розділення його часток на частини навіть в найефективніших дробарках витрачається від 1 до 10 кВт електроенергії на 1 тону продукту [1].

Сьогодні на тваринницьких фермах, комбікормових заводах у круп'яних переробних підприємствах широко використовуються молоткові і ударноцентробіжні подрібнювачі, які мають істотні недоліки. Зерновий матеріал у зоні дії робочих органів схильний до значного переподрібнення. Зміст пилоподібної фракції становить до 20 % і більше. Пов'язано це з тим, що своєчасного відводу готового продукту з камери подрібнення не відбувається, де він разом з недоподрібненими фракціями здійснює тривалу циркуляцію, піддаючись багаторазовій ударній дії, небажаному тертю об молотки та деку. Все це призводить до підвищення питомої енергоємності процесу подрібнення.

У сучасних ринкових умовах зернопереробна промисловість орієнтована на енерго- та ресурсозбереження. Внаслідок цього постійно зростають вимоги до якості подрібнення, зниження витрат енергії і

металу.

На сьогоднішній день назріла необхідність створення нових видів подрібнювачів, більш простих у виготовленні, таких, що переважають за якісними та економічними показниками попередні зразки з принципово іншими технологічними процесами.

Аналіз останніх досліджень. На подрібнення використовується близько 40 % від усієї використовуваної енергії в комбікормовій промисловості. Вивченням, розробкою, поліпшенням конструкції молоткових дробарок займалися багато вчених і практиків В.П. Горячкін, С.В. Мельников, Г.М. Кукта, І.І. Ревенко, [1,2,3,4] та ін. У результаті були обгрунтовані для ряду окремих випадків технологічні режими і конструктивні параметри подрібнювачів ударного типу. Однак, як правило, висновки і пропозиції ставилися до молоткової дробарки з горизонтальною віссю обертання ротора. Тому далеко не всі висновки можуть бути використані при проектуванні і дослідженні дробарок з вертикальною віссю обертання ротора, хоча конструкції з вертикальною віссю обертання ротора зустрічаються все частіше [5].

Постановка завдання. Для розв'язання задачі інтенсифікації процесу подрібнення зерна дробарними машинами з вертикальною віссю обертання ротора з пальцевими робочими органами, призначеними для використання у фермерських господарствах, заводах комбікормового та круп'яного виробництв, необхідні дослідження з обгрунтування режимів роботи та параметрів їхньої конструкції. Як показав аналіз численних досліджень, основними конструктивними, кінематичними та технологічними параметрами дробарок є: подача зернового матеріалу в дробарку, діаметр отворів сит, частота обертання ротора, кількість і розміри пальців [3,5,6,7]. Але ще дробарки з пальцевими робочими органами та вертикальною віссю обертання досліджені недостатньо [5,6]. Тому нами поставлена задача обгрунтувати раціональні параметри та режими роботи дробарки зерна прямого удару на основі результатів експериментальних досліджень процесу подрібнення зернового матеріалу шляхом прямого удару об робочі органи (пальці або стрижні), що закріплені на роторі з вертикальною віссю обертання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для зменшення кількості пиловидної фракції доцільно застосовувати принцип руйнування зернового матеріалу шляхом спрямованої його подачі на прямий удар об робочі органи дробарки й швидкого видалення подрібненого продукту з подрібнювальної камери. Цим вимогам відповідає дробарка для подрібнення зерна, яка розроблена у Таврійському державному агротехнологічному університеті, конструкція та принцип дії якої описано у роботі [8]. Новизна конструкції розробленої дробарки прямого удару з вертикальною віссю обертання захищена рядом патентів України на винахід: № 76556, №86897, №93312, заявка № 201003986 (рішення про видачу від 26.04.2011 №10936/ЗА/11).

Враховуючи складність процесу подрібнення зерна в циркуляційному шарі молоткових дробарок прямого удару з вертикальною віссю обертання, для визначення оптимальних техніко-конструктивних її параметрів необхідно враховувати не тільки окремі фактори подрібнення, але і взаємний їх вплив. З метою встановлення взаємного впливу факторів подрібнення необхідно застосувати методику математичного планування експерименту, задачею якої є одержання статистичної математичної моделі об'єкта досліджень у вигляді рівнянь регресії.

Побудова і дослідження статистичної математичної моделі зводиться до наступного:

- попереднє дослідження об'єкта;
- вибір критерію оптимізації, впливових чинників і побудова моделі;
- оцінка адекватності і відтворюваності одержаної математичної моделі;
- використання моделі для оптимізації досліджуваного процесу.

Попередні пошукові експериментальні та теоретичні дослідження дали можливість визначити вплив окремих факторів та визначити їхні рівні. До факторів, що впливають на процес подрібнення зернового матеріалу у дробарці прямого удару з вертикальною віссю обертання віднесли: частоту обертання ротора n , хв^{-1} , подачу зернового матеріалу в дробарку Q , кг/с та кількість пальців m , шт.

Встановлено, що з підвищенням частоти обертання ротора збільшується модуль подрібнення зерна [1,3]. З іншого боку, модуль подрібнення нижче 0,25 мм є небажаним [1]. Крім того, висока частота обертання викликає підвищені вимоги до конструкції машини і збільшує її вартість. Тому досліди проводилися для частоти обертання 1500-2500 об/хв.

Подача зерна для більшості промислових дробарок фермерських господарств становить 500-1000 кг/год [5].

Мінімальна кількість пальців, одержана для обраних технологічних та техніко-конструктивних параметрів – 4 шт. Для збільшення ефективності подрібнення згідно з відомими конструктивними рішеннями пальцевих дробарок і виходячи з умов технологічності виготовлення пальцевого ротора, досліди проводилися для 6...10 пальців. Параметричні обмеження, які являють собою рівні варіювання факторів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фактори і рівні їхнього варіювання

№	Фактор	Одиниця вимірювання	Рівні варіювання факторів				Позначення
			- 1	0	+ 1	Δ_i	
1	n	хв ⁻¹	1500	2000	2500	500	X_1
2	Q	кг/с	0,17	0,225	0,28	0,055	X_2
3	m	шт.	6	8	10	2	X_3

Критерій оптимізації, що характеризує об'єкт дослідження повинен, задовольняти такими умовам:

- описувати ефект процесу з позиції кінцевої мети;
- мати певну універсальність для групи подібних процесів;
- повинен бути сукупною і вичерпною характеристикою об'єкта дослідження;
- повинен мати чіткий фізичний зміст.

Виходячи з вищезазначених умов, критерієм оптимізації процесу було обрано якість подрібнення зерна (модуль помелу) M .

Експерименти проводились у трьох повторюваннях.

Зерновий матеріал для досліджень – пшениця, вологістю 14 %.

Для знаходження оптимальних значень впливових факторів було застосовано один із методів математико-статистичної теорії планування експерименту – метод «крутого сходження» по поверхні відгуку [9]. Було проведено три трьохфакторних експерименти для діаметра отворів сит камери подрібнення 8, 10 та 12 мм. Обробка здійснювалася в програмному пакеті MathCad за відомою методикою [9]. Розраховувались та аналізувались критерії Кохрена (перевірка відтворюваності дослідів), Стьюдента (значущість коефіцієнтів регресії) та Фішера (перевірка на адекватність).

Для кожного експерименту було перевірено на адекватність лінійну модель процесу, але описати область оптимуму лінійними рівняннями не вдалося через крутизну площин факторного простору та значущості коефіцієнтів взаємодії факторів та квадратичних ефектів. Тому матриця трьохфакторного експерименту була розширена додатковими значеннями функції відгуку для одержання рівняння другого порядку.

Розкодована модель процесу подрібнення зерна для діаметра отворів сита камери подрібнення 8 мм має вигляд

$$M = 10,4158 - 0,00151n - 39,8645Q - 0,965m - 0,0056nQ - 0,000229nm + 0,6Qm + 0,000001164n^2 + 102,8099Q^2 + 0,08625m^2 \quad (1)$$

На рисунку 1 наведено приклад поверхні залежності модуля помелу зерна (M) від подачі зернового матеріалу в дробарку Q , кг/с та кількості пальців m , шт. при частоті обертання ротора $n = 2000$ хв.⁻¹

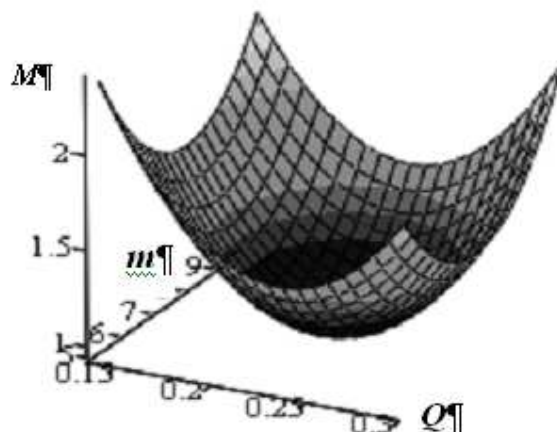


Рис. 1 – Поверхня залежності модуля помелу зерна (M) від подачі зернового матеріалу в дробарку Q , кг/с та кількості пальців m , шт. при частоті обертання ротора $n = 2000$ хв.⁻¹

Таке зображення залежності модуля помелу зерна від впливу суттєвих факторів не дає можливості отримати чітку оптимізацію параметрів. Тому розглянемо та проаналізуємо двовимірні перетини парних

взаємодій факторів, що мають практичне значення при визначенні якості подрібнення зерна (модуль помелу) M .

На рисунку 2 подано двовимірні перетини ліній рівнів функції відгуку(модуля помелу) M від частоти обертання ротора n , хв.^{-1} та подачі зернового матеріалу в дробарку Q , кг/с (рис.2,а), частоти обертання ротора n , хв.^{-1} та кількості пальців m , шт. (рис.2,б) і подачі зернового матеріалу в дробарку Q , кг/с та кількості пальців m , шт. (рис.2,в).

Мінімальне значення модуля помелу для діаметра отворів сита камери подрібнення 8 мм ($M = 0,951$) досягається при значеннях частоти обертання ротора $n=1911$ об/хв., подачі зернового матеріалу в дробарку $Q=0,224$ кг/с і кількості пальців $m=7$.

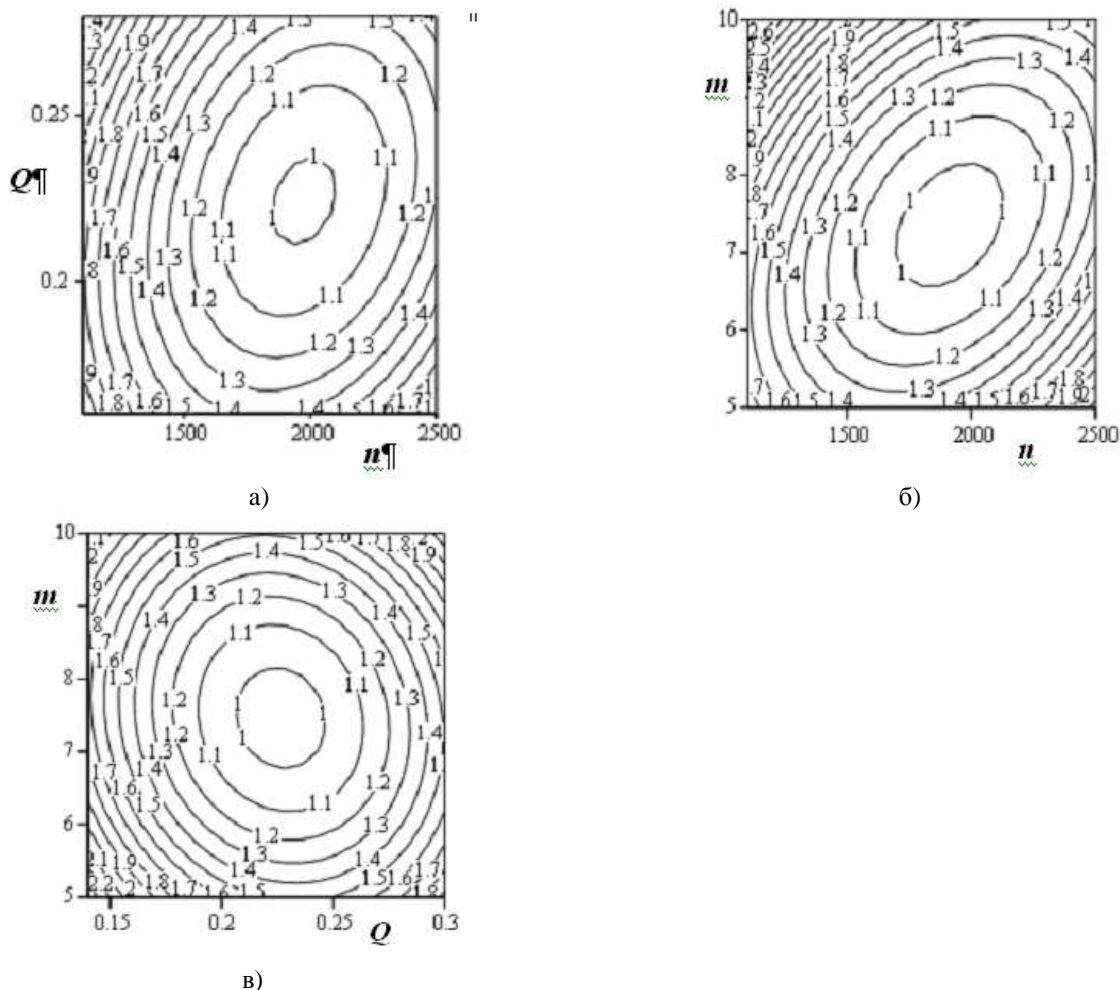


Рис. 2 – Двовимірні перетини ліній рівнів функції відгуку (модуля помелу) M від:
а – $M = f(Q, n)$; б – $M = f(m, n)$; в – $M = f(m, Q)$

Розкодована модель процесу подрібнення зерна для діаметра отворів сита камери подрібнення 10 мм має вигляд:

$$M = 18,33 - 0,00543n - 46,13Q - 1,5835m - 0,00313nQ + 0,691Qm + 0,00000147n^2 + 104,132Q^2 + 0,0893m^2 \quad (2)$$

Аналіз рівняння (2) та двовимірних перетинів ліній рівнів функції відгуку показав, що мінімальне значення модуля помелу для діаметра отворів сита камери подрібнення 10 мм ($M = 1,14$) досягається при значеннях частоти обертання ротора $n=2079$ об/хв., подачі зернового матеріалу в дробарку $Q=0,226$ кг/с і кількості пальців $m=8$.

Аналогічно одержана розкодована модель процесу подрібнення зерна для діаметра отворів сита камери подрібнення 12 мм, яка має вигляд:

$$M = 18,44 - 0,00967n - 0,0035nQ + 0,00000247n^2 + 103,802Q^2 + 0,0413m^2 \quad (3)$$

Аналіз рівняння (3) та двовимірних перетинів ліній рівнів функції відгуку показав, що мінімальне значення модуля помелу для діаметра отворів сита камери подрібнення 12 мм ($M = 1,075$) досягається при значеннях частоти обертання ротора $n=2118$ об/хв., подачі зернового матеріалу в дробарку $Q=0,227$ кг/с і кількості пальців $m=8$.

Графіки залежностей модуля помелу зерна від частоти обертання, кількості пальців та подачі мають дзеркальний характер відносно оптимуму, тобто розмір часток після подрібнення швидко збільшується при віддаленні від оптимального значення.

Для подачі це можна пояснити таким чином. Надмірна кількість зернового матеріалу, заважає удару по зернівці і деки, з великою вірогідністю розташовуючись на траєкторії руху зернівки.

Частота обертання безпосередньо впливає на швидкість і силу удару по зернівці, тому зі зменшенням частоти обертання ротора модуль помелу буде зменшуватися. Якщо частота обертання перевищує оптимальне значення, зернівки, які потрапляють на пальці, не встигають опуститись до середини пальця – в оптимальну зону прямого удару, а ковзальний удар у верхній частині пальця знижує модуль подрібнення зерна.

Внаслідок тієї ж причини надмірна кількість пальців призводить до того самого ефекту – зниження ступеня подрібнення зернового матеріалу. А зниження кількості пальців призводить до зменшення кількості ударів у дробарці, тим самим зменшуючи ступінь подрібнення.

Висновки

Одержані результати при діаметрах отворів сит подібні за характером. Маємо оптимум, близький до нульового рівня кожного фактора, тому для пальцевих дробарок раціональним є використання регулювання модуля помелу заміною сит з різними отворами, причому внаслідок близькості оптимальних значень частоти обертання, подачі та кількості пальців така дробарка буде працювати оптимально. Оптимально використовувати кількість пальців – 8, частоту обертання 1900-2100 об/хв., і подача зернового матеріалу в дробарку 800-810 кг/год.

При зміні діаметра отворів сит з 8 до 12 мм модуль помелу змінюється в невеликих межах: з 0,95 до 1,14, що відповідає поставленим вимогам до комбікормів. Тому використовувати зміну решіт для зміни ступеня подрібнення є нераціональним.

При подачах, що істотно відрізняються від 800 кг/год у пальцевій дробарці модуль помелу зерна також істотно зростає. Наприклад, при подачі 600 кг/год модуль помелу збільшується до 1,4. Тому такі дробарки необхідно оснащувати пристроєм для рівномірного подавання зерна на подрібнення. Найефективніше регулювати модуль помелу в пальцевій дробарці з вертикальним ротором можна регулюванням подачі зерна на подрібнення з попередньою його сепарацією.

Література

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм/ С.В. Мельников. – Л: Колос., 1978. – 560 с.
2. Амелянц А. Улучшаем конструкцию дробилок / А. Амелянц, Г. Шабыцин // Комбикормовая промышленность. – 1977. – №2. – с.17–18.
3. Ревенко И.И. Интенсификация процесса переработки кормов молотковыми измельчителями: автореф. дис. на одержання звання доктора техн. наук: спец. 05.05.11 "Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства" / И.И. Ревенко – Глеваха, 1991. – 38 с.
4. Глебов Л.А. Повышение эффективности измельчения компонентов комбикормов /Л.А. Глебов // ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов СССР, комбикормовая промышленность. Обзорная информация. – 1984. 44 с.
5. Филин В.М. Обоснование процесса работы и параметров роторного дробильно-шелушительного измельчителя зерна для фермерских хозяйств: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В.М. Филин – Зерноград, – 2007. – 172 с.
6. Ганзин Е.В. Совершенствование процессов измельчения и смешивания для получения однородных комбикормов требуемого гранулометрического состава: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12/Е.В. Ганзин. – М., 2005. – 243 с.
7. Ковбаса В.П. Експериментальні дослідження подрібнення зерна дисковим робочим органом // В.П. Ковбаса, О.В. Соломка, В.В. Ткач. Науков. вісник НУБПУ – Київ, 2010. Вип. 144, ч. 1. С. 32 – 39.
8. Шпиганович Т.О. Обґрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удару з попередньою сепарацією зернового матеріалу// Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.- Мелітополь: ТДАТУ. Вип. 10, т.3. – 2010. С.23 – 35.
9. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии./ А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха// «Вища школа», Киев, 1976, – 180 с.

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЛИНИЙ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ЗЕРНА

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Шестопалов С.В.
Компания С-инжиниринг, г. Одесса

Проведен сравнительный анализ известных вариантов управления производительностью (степенью загрузки) поточно-транспортных линий при перегрузке зерна. На его основе сформулирована концепция эффективного управления, приведены структурная схема варианта САУ для ее реализации и результаты моделирования.

A comparative analysis of known variants of performance management (degree of load) thread-transport lines of grain transshipment. On this basis, formulated the concept of good governance, shows a block diagram version of ACS for its realization and simulation results.

Ключевые слова: перегрузка зерна, поточно-транспортные линии, производительность, управление, энергоэффективность, безаварийность.

1. Постановка задачи. Процессы перегрузки зерна, реализуемые поточно-транспортными линиями (ПТЛ), составляют основную часть технологических процессов (ТП) предприятий, обеспечивающих его приемку, хранение, переработку (подработку) и отгрузку. У зерновых терминалов, обеспечивающих формирование крупных партий зерна и их отгрузку на железнодорожный, речной и морской транспорт, доля таких процессов максимальна. Время выполнения операции перегрузки и энергозатраты на нее определяются производительностью ПТЛ. Изменение производительности ПТЛ осуществляется изменением расхода зерна из расходной емкости на первый, по ходу продукта, конвейер линии. Увеличение производительности сокращает время операции по перевалке и затраты энергии на ее реализацию, что, в конечном итоге, повышает экономическую эффективность работы предприятия.

Максимально достижимая производительность линии ограничена особенностями конструкции и эксплуатации транспортирующего оборудования ПТЛ – конвейеров различных типов, включая ковшовый конвейер для вертикального транспортирования – норию. При ее превышении возникают аварийные ситуации (АС), когда дальнейший процесс перегрузки становится невозможен из-за угрозы перерастания АС в аварию. Такие угрозы ликвидируют специальные устройства аварийной защиты, отключающие конвейер, где возникла АС, и все предшествующие ему конвейеры в аварийном режиме, т.е. без их разгрузки от транспортируемого материала. Такое отключение сопровождается не только увеличением времени операции по перегрузке зерна и энергозатрат, но и деградацией свойств обмоток изоляции приводных электродвигателей (ПЭД) конвейеров, силовых контактов их пускателей, образованием завалов зерна, которые перед новым пуском ПТЛ необходимо ликвидировать вручную.

Для рассматриваемых ПТЛ существуют два типа АС, связанных с превышением их допустимой производительности. Первый тип АС связан с перегревом ПЭД одного из конвейеров ПТЛ (событие $S^{ТЗ}$) в связи с его перегрузкой из-за превышения *массовой* производительности. В этом случае аварийная защита реализуется реле тепловой защиты (РТЗ). Второй тип АС связан с возникновением завала рабочего пространства конвейера (событие $S^{ДП}$) из-за превышения допустимого значения его *объемной* производительности и сопровождается прекращением процесса транспортировки конвейером, где развился завал. В этом случае аварийная защита реализуется датчиками-реле подпора зерна [1]. Принципиальная особенность ПТЛ, включающих в себя нории, заключается в том, что именно нории, как правило, являются их «узким местом» по объемной производительности [2]. В этом случае проблемы повышения производительности таких ПТЛ связаны, прежде всего, с возникновением АС второго типа.

Отметим, что под эффективностью работы ПТЛ будем понимать ее энергоэффективную и безаварийную работу.

2. Особенности объекта и анализ известных систем управления. Аварийное отключение конвейеров и нории, вызванное срабатыванием аварийной защиты при возникновении события $S^{ДП}$, позволяет предотвратить серьезные негативные последствия развития такого аварийного режима в аварию. К основным из них относятся следующие: а) развитие завалов сыпучего материала в точке его перегрузки с транспортера в башмак нории, часто многотонных; б) заклинивание ленты нории сыпучим материалом и

ее проскальзывание на приводном барабане, развитие процесса ее нагрева и перегрева от трения о барабан, возгорание, обрыв и обрушение ленты в норийные трубы, и взрыв его воздушно-пылевой смеси.

Подпор сыпучего материала в башмаке нории возникает через некоторое время после того, как объемная производительность нории стала меньше объемной производительности транспортеров, подающих в нее сыпучий материал. Такая ситуация возможна, когда достигнут и превышен предел заполнения ковшей нории транспортируемым материалом, и, следовательно, достигнуто и превышено критическое значение объемной производительности нории. Это критическое значение объемной производительности нории априори неизвестно, т.к. на его конкретное значение влияют многие факторы, которые могут существенно изменяться непосредственно в ходе процесса транспортирования. К таким факторам относятся изменения характеристик: а) транспортируемого зерна, например, его фракционного состава, коэффициента внутреннего трения; б) технического состояния нории, например, количество частично или полностью оборванных ковшей нории, изменение степени натяжения норийной ленты и ее перекоса. Последние характеристики влияют на амплитуду и частоту колебаний ковшей и, следовательно, на фактическую степень их максимального заполнения сыпучим материалом при его транспортировании.

«Ручное» управление ПТЛ [1]. В условиях такого управления, все его функции реализует человек-оператор ПТЛ. Таких главных (системообразующих) функций две. Это функция оптимизации, которая в данном случае заключается в выборе для текущих условий работы конкретного значения производительности (степени загрузки) ПТЛ, и функция регулирования (стабилизации) производительности на выбранном, оптимальном, с точки зрения оператора, значении. Отметим, что эффективность управления ПТЛ зависит от эффективности реализации обеих функций, что отражает их тесную взаимосвязь и взаимозависимость при реализации.

При реализации функции оптимизации оператор руководствуется двумя взаимнопротиворечивыми целями и интуитивно ищет компромисс между ними. Первая цель – повысить производительность линии для сокращения времени выполнения операции по перегрузке зерна и затрат электроэнергии на нее. Вторая цель – снизить производительность линии до такой, причем априори неизвестной ему величины, чтобы объемная производительность нории всегда оставалась бы ниже ее критического значения, т.е. АС, связанная с возникновением подпора зерна в башмаке нории, не возникала. Подчеркнем, что решение о выборе оптимальной производительности принимается оператором в условиях неопределенностей о ее критическом значении, превышение которого приведет к возникновению АС $S^{ДП}$. При этом потери от $S^{ДП}$ могут существенно превзойти выигрыш от оптимизации.

При реализации функции регулирования загрузки нории оператор первоначально определяет текущее значение фактической нагрузки ПЭД нории, как правило, по величине его тока нагрузки. При ее отклонении от значения (оптимального), выбранного оператором, он может ее изменять за счет изменения величины расхода сыпучего материала из расходного бункера на горизонтальный подбункерный конвейер (конвейеры) изменением проходного сечения разгрузочного устройства. Такое регулирование производительности ПТЛ реализуется максимально просто, но имеет низкую динамическую точность, проявляющуюся в больших и длительных динамических отклонениях фактической степени загрузки нории от ее заданного значения. Низкая динамическая точность обуславливается большим временем запаздывания в канале регулирования загрузки нории зерном. Время этого запаздывания складывается из времени транспортирования зерна конвейером (конвейерами) от разгрузочного устройства расходного бункера и времени реакции оператора на информацию об изменении тока нагрузки ПЭД нории и/или на сигнал о срабатывании датчика подпора. Вследствии этого запаздывания вероятность возникновения АС $S^{ДП}$ существенно возрастает.

Итак, при ручном управлении, при описанных выше условиях, оператор целенаправленно снижает выбираемое им значение нагрузки ПЭД нории и, следовательно, производительность ПТЛ до такого значения, когда вероятность срабатывания аварийной защиты из-за срабатывания датчика подпора за время всей операции транспортирования была бы очень низкой. Другими словами, ручное управление позволяет оператору либо снизить вероятность возникновения подпора в башмаке нории и аварийного ее останова за счет невысокой производительности линии, либо повысить производительность линии при высокой вероятности завала нории. При этом оператор всегда выбирает первую из этих двух альтернатив.

Управление ПТЛ с автоматическим регулированием производительности изменением проходного сечения разгрузочного устройства бункера [3]. В этом случае функция выбора заданного значения, в окрестности которого будет осуществляться стабилизация производительности, сохраняется за оператором ПТЛ. При этом очевидно, что проблемы реализации функции оптимизации сохраняются. Качество реализации функции регулирования загрузки нории при переводе ее в автоматический режим повышается. Это обуславливается снижением времени запаздывания в канале регулирования, которое возникает из-за устранения из этого запаздывания времени реакции оператора на информацию об изменении тока нагрузки ПЭД нории и/или на сигнал о срабатывании датчика подпора. Однако, предотвра-

шение развития завала нории зерном, если он уже начался, возможно только при очень медленном его развитии, либо при коротких транспортерах, питающих норию.

Управление ПТЛ с автоматическим регулированием производительности изменением скорости движения рабочего органа конвейера, перемещающего сыпучий материал из бункера в норию [4]. В этом случае, как и в предыдущем случае, функция выбора заданного значения, в окрестности которого будет осуществляться стабилизация производительности, сохраняется за оператором ПТЛ. При этом очевидно, что проблемы реализации функции оптимизации сохраняются. Качество реализации функции регулирования загрузки нории при переводе ее в автоматический режим и таком способе изменения подачи зерна в норию повышается весьма существенно. Это обуславливается тем, что скорость движения рабочего органа конвейера и сыпучего материала изменяются одновременно по всей его длине, и запаздывания между регулирующим воздействием на изменение расхода зерна и его изменением на входе в норию практически не будет. Устранение запаздывания позволит, даже при появлении сигнала о срабатывании датчика подпора, за короткое время, меньшее, чем задержка по времени на срабатывание аварийной защиты, прекратить процесс дальнейшего развития подпора и ликвидировать его.

К сожалению, способ регулирования производительности подбункерного конвейера изменением скорости движения его рабочего органа за счет питания его ПЭД от преобразователей частоты, имеет существенные недостатки. Они обусловлены следующими факторами. Конвейеры, как вид транспортного оборудования при их конструировании рассчитываются на определенный режим работы, в том числе и их ПЭД, как правило – асинхронные с вентиляторным охлаждением. Длительные отклонения от расчетных (номинальных) режимов их работы, которые возникнут при регулировании расхода сыпучего материала изменением скорости рабочих органов конвейеров, будут снижать надежность их узлов. Так, при повышении скорости выше номинальной, возрастут динамические нагрузки на все узлы конвейера, что приведет к ускоренному износу рабочего органа конвейера, механических передач и подшипниковых узлов. Износ механических передач и подшипниковых узлов будет усиливаться из-за перегрева смазки и повышения трения, особенно при высокой температуре окружающей среды. При снижении скорости ниже номинальной возникнет перегрев ПЭД конвейера с вентиляторным охлаждением, он будет тем больше, чем ниже скорость вращения ПЭД, и чем выше температура окружающей среды. Кроме того, температура смазки подшипниковых узлов может не достигнуть необходимого значения, что приведет к их ускоренному износу. Кроме того, в разветвленных поточно-транспортных системах предприятий, работающих с зерном, как правило, имеется много ПТЛ. Установка большого количества частотных преобразователей и их обслуживание требует значительных дополнительных материальных затрат.

Концепция эффективного управления и вариант системы автоматического управления (САУ) для ее реализации [5]. Концепция управления является первым этапом конкретизации в процессе разработки САУ и включает в себя три составляющих: цель управления, состав и особенности основных функций, реализуемых САУ, принципиальные особенности алгоритмов управления, реализующих функции, их отражение на структурной схеме САУ.

Цель эффективного управления производительностью (загрузкой) ПТЛ состоит в том, чтобы обеспечить, одновременно, энергоэффективную и безаварийную работу ПТЛ, причем при минимуме материальных затрат на ее реализацию.

Достижение сформулированной цели может быть осуществлено новым (расширенным) составом функций, реализуемых САУ. Это функции: – оптимизации (максимизации) производительности ПТЛ в текущих условиях ее работы; – регулирования (стабилизации) производительности ПТЛ в окрестности найденного оптимального значения; – ликвидации АС по $S^{ДП}$, неизбежно возникающих при поиске оптимальной (максимально достижимой) производительности ПТЛ в условиях дрейфа экстремума производительности. Таким образом, предлагаемый вариант САУ, одновременно, будет реализовать три основные (системообразующие) функции, взаимосвязанные между собой.

Взаимосвязь функций проявляется в следующем. От качества регулирования (стабилизации) производительности ПТЛ на ее оптимальном значении будет зависеть частота необоснованных, т.е. без дрейфа экстремума, возникновений АС по $S^{ДП}$. Поиск максимального значения производительности, которое находится в окрестности АС по $S^{ДП}$, т.е. реализация функции оптимизации, будет тем эффективней, чем выше качество (в данном случае это, прежде всего, быстродействие) выполнения функции стабилизации. Одновременно, чем выше быстродействие функции стабилизации, тем функция ликвидации АС по $S^{ДП}$ будет выполняться быстрее, снижая вероятность ее перерастания в аварию.

Указанное быстродействие крайне важно, т.к. принципиальной особенностью работы ПТЛ, управляемой такой САУ, будет периодическое возникновение АС по $S^{ДП}$. Такая АС может возникать как самопроизвольно, вызванная дрейфом экстремума, т.е. изменением характеристик зерна и состояния нории, причины которых достаточно подробно описаны в п. 2, так и создаваться преднамеренно, т.е. инициироваться самой САУ или оператором ПТЛ для поиска максимума производительности. В таких условиях

ровать АС. Одно из безударных переключений обеспечивается регулированием частоты питания ПЭД конвейера за счет изменения степени открытия подбункерной задвижки до достижения этой частоты значения 50 Гц.

Фрагмент моделирования такой САУ приведен на рис. 2 ($h_б$ – уровень зерна в башмаке норрии).

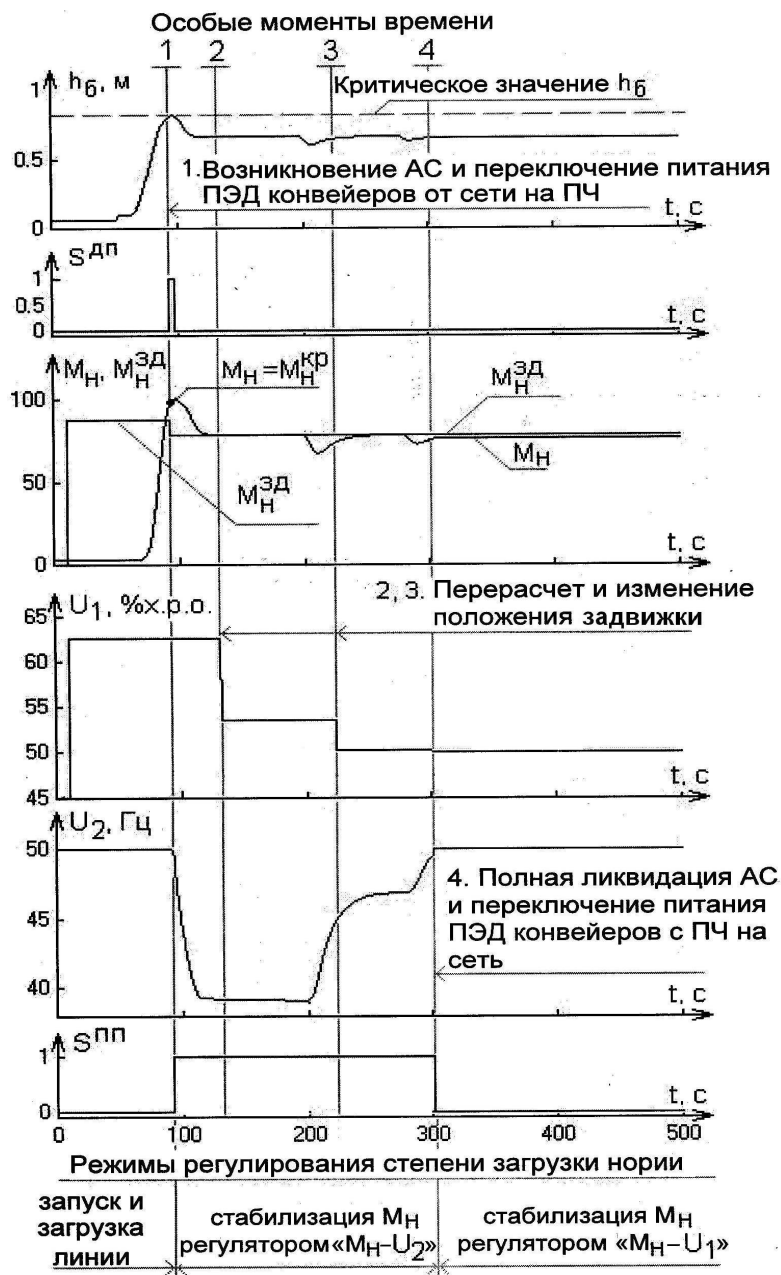


Рис. 2 – Переходные процессы в САУ с коммутируемой структурой при возникновении АС по $S^{ДП}$

Выводы. Известные САУ перегрузкой зерна ПТЛ реализуют лишь функцию стабилизации загрузки линии по степени загрузки норрии, оставляя функцию выбора ее заданного значения, как и ответственность за результаты неэффективного управления, в т.ч. за возникновение АС и их последствия, оператору. Опасаясь возникновения АС, оператор всегда ведет процесс транспортирования с существенной недогрузкой. Последствия этого – увеличение времени и энергозатрат на процесс транспортирования зерна. Автоматическое управление производительностью ПТЛ, и, прежде всего, ее оптимизация, весьма существенно осложняется следующими основными факторами: а) значение объемной производительности, соответствующее образованию подпора зерна в норрии (АС при событии $S^{ДП}$) априори неизвестно и изменяется с изменением механических свойств зерна и технического состояния норрии; б) штатный канал регу-

лирования производительности изменением положения подсилосной задвижки имеет запаздывание, которое может на порядок превосходить инерционность норрии по этому каналу.

Предлагаемая концепция автоматического управления производительностью ПТЛ дает возможность обеспечить ее работу в окрестности максимальной производительности, максимально быстро предотвращая развитие завала норрии зерном, что гарантирует предотвращение аварийного отключения линии.

Литература

1. Новицкий О.А., Сергунов В.С. Автоматизация производственных процессов на элеваторах и зерноперерабатывающих предприятиях // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 320 с.
2. Хобин В.А., Андриященко Г.В. Математическая имитационная модель норрии, как объекта управления с изменяющимися свойствами // XVI Міжнарод. конф. з автомат. управління «Автоматика-2009». Тези доповідей. – Чернівці: Книги – XXI, 2009. – С. 229 – 230.
3. Патент на корисну модель № 34335 (UA), B65G 17/00: Спосіб автоматичного керування завантаженням потоково-транспортної лінії сипких матеріалів / Хобін В.А., Андриященко Г.В. – Заявлено 25.02.2008; Опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15. – 4 с.
4. Конвейерный дозатор: А.с. № 1506288 (СССР), G01 G 11/08 / В.А. Хобин, С.Ю. Митрофанов, Ф.С. Гальперин, А.И. Фарфель (СССР). – Заявлено 20.10.87; Опубл. 07.09.89, Бюл. № 33. – 5 с.
5. Патент на корисну модель № 57903 (UA), B65G 17/00: Спосіб автоматичного керування завантаженням потоково-транспортної лінії сипких матеріалів / Аннаев Б.С., Герасимов В.В., Хобин В.А., Кір'язов І.М., Шестопапов С.В. та ін. – Заявлено 29.12.2010; Опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5. – 22 с.

УДК 004.942:621.313.3.018.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЗАГРУЗКОЙ ОБОРУДОВАНИЯ

Хобин В.А., д-р техн. наук, проф.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Кирьязов И.Н.

Компания С-инжиниринг, г. Одесса

Рассматривается разработка формальных математических моделей рабочих характеристик приводных асинхронных электродвигателей, ориентированных на решение задач эффективного управления загрузкой оборудования. Параметрическая идентификация таких моделей для конкретных электродвигателей требует задания только простейших паспортных характеристик этих двигателей.

We consider the development of formal mathematical models of working characteristics of induction motors, focused to meet the challenges effective management loading equipment. Parametric identification of such models for specific motor tasks requires only the simplest of their passport characteristics.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, рабочие характеристики, модели, идентификация, управление.

Постановка задачи. Асинхронные электрические машины являются основными приводными электродвигателями (ПЭД) технологического и транспортно-технологического оборудования предприятий. Технологические процессы (ТП), которые реализуются этим оборудованием, как правило, являются объектами управления (ОУ), в общем случае либо «ручного» либо автоматического. Повышение эффективности управления, требует, во-первых, повышения достоверности информации о степени загрузки этого оборудования, во-вторых, разработки и оптимизации алгоритмов управления этими ТП, основа которых – применение математических моделей (ММ) и целенаправленные компьютерные имитационные эксперименты с этими моделями. Поэтому для решения обеих задач нужны ММ асинхронных ПЭД, которые адекватно описывали бы рабочие характеристики ПЭД как функцию нагрузки, приложенной к его валу со стороны оборудования.

На рис. 1 приведены типичные рабочие характеристики асинхронного ПЭД, взятые из [1].

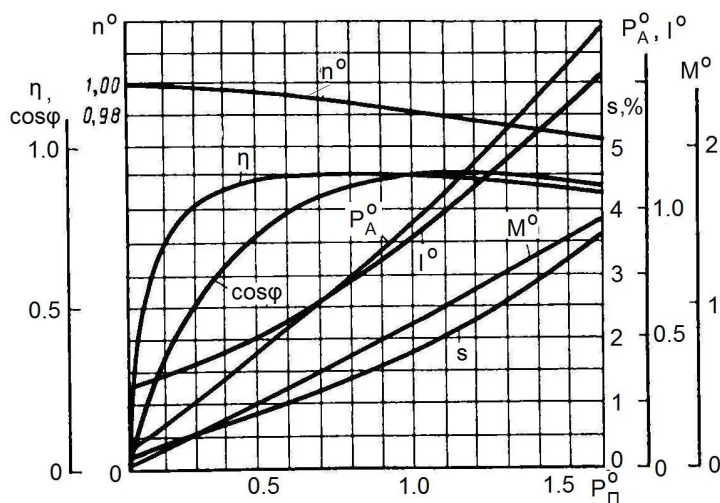


Рис. 1 – Типичные рабочие характеристики асинхронного ПЭД [1]

На рис.1 приняты следующие обозначения переменных: $P_{л}, M$ – полезная механическая мощность и момент вращения на валу ПЭД; P, P_A и I – полная, активная электрические мощности и полный ток, потребляемые ПЭД из сети питания; n, s – круговая частота вращения и скольжение ротора ПЭД; $\cos\phi, \eta$ – коэффициенты мощности и полезного действия ПЭД. Символ « 0 » в изображении переменных означает, что они рассматриваются как относительные значения, которые получены нормированием переменных относительно своих номинальных значений, например: $P^0 = P / P^H$, где P^H – номинальное значение P .

Рассмотренные переменные взаимосвязаны между собой следующими важными соотношениями. Электрическая мощность, потребляемая ПЭД из сети для совершения полезной работы:

$$P = kUI, \tag{1}$$

где k – константа, зависящая от схемы включения ПЭД;

U – линейное напряжение питающей сети.

Полезная механическая мощность, создаваемая ПЭД, за счет которой оборудованием выполняется работа:

$$P_{л} = M\omega = P\eta\cos\phi = P_A\eta = kU_{л}I\eta\cos\phi, \tag{2}$$

где $\omega = 2\pi n / 60$ угловая частота вращения ротора ПЭД.

Отметим, что для достаточно мощных ПЭД величина скольжения s , и, следовательно, снижение скорости ω во всем диапазоне нагрузок, не превышает (1...2) % от ω^H , а в рабочем диапазоне – значительно меньше. Такие изменения, как правило, не влияют сколько-нибудь заметным образом на работу оборудования и, поэтому, изменением ω для решения подобных задач можно пренебречь, и разрабатывать модель по каналу « $P_{л} - \omega$ » нет необходимости. Для этого случая можно принять, что $\omega = \omega^H = \text{const}$, $\omega^0 = 1$. Если, одновременно, напряжение $U_{л}$ в сети питания ПЭД изменяется незначительно, и его значение можно принять номинальным, т.е. $U_{л} = U_{л}^f$, то (2) преобразуется в (3):

$$P_{л}^0 = M^0\omega^0 = M^0 = P^0\eta^0\cos\phi^0 = I^0\eta^0\cos\phi^0, \tag{3}$$

Выражения (2) и (3) целесообразно использовать при моделировании технологического и транспортно-технологического оборудования как объектов автоматического управления, в частности для решения задач управления загрузкой этого оборудования и/или минимизации удельных затрат потребляемой энергии. Это станет возможным только при получении для конкретных ПЭД аналитических зависимостей (ММ), описывающих функции $\cos\phi(P_{л}^0)$ и $\eta(P_{л}^0)$, или, что тоже самое, – $\cos\phi(M^0)$ и $\eta(M^0)$. Пример графиков этих функций приведен на рис. 1. Отметим, что они являются существенно нелинейными и имеющими экстремумы.

Структурная идентификация моделей. Основу структурной идентификации могут составить два альтернативных подхода.

Первый связан с использованием моделей, реализуемых на основе различных вариантов схем замещения асинхронных электродвигателей [1, 2]. Так, например, при упрощенном математическом описании электрических машин переменного тока широко применяют ММ в виде обобщенной двухполюсной двухфазной электрической машины [2, 3]. Трехфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель с помощью трехфазно-двухфазного преобразования можно привести к обобщенной электрической

машине. В рамках общепринятых допущений (о симметричности обмоток статора, гладкости поверхностей статора и ротора, линейности кривой намагничивания, отсутствии потерь на гистерезис и вихревые токи и синусоидальности напряжений и токов) система уравнений, описывающих движение асинхронного электродвигателя при частотном управлении [2], выглядит следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_{1X}}{dt} &= U_{1X} - \frac{R_1 L'_2}{\Delta} \psi_{1X} + \frac{R_1 L_0}{\Delta} \psi_{2X} + \omega_0 \psi_{1Y}, \\ \frac{d\psi_{1Y}}{dt} &= U_{1Y} - \frac{R_1 L'_2}{\Delta} \psi_{1Y} + \frac{R_1 L_0}{\Delta} \psi_{2Y} - \omega_0 \psi_{1X}, \\ \frac{d\psi_{2X}}{dt} &= -\frac{R'_2 L_1}{\Delta} \psi_{2X} + \frac{R'_2 L_0}{\Delta} \psi_{1X} + (\omega_0 - \omega) \psi_{2Y}, \\ \frac{d\psi_{2Y}}{dt} &= -\frac{R'_2 L_1}{\Delta} \psi_{2Y} + \frac{R'_2 L_0}{\Delta} \psi_{1Y} - (\omega_0 - \omega) \psi_{2X}, \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{m Z_{II} L_0}{2J\Delta} (\psi_{1Y} \psi_{2X} - \psi_{1X} \psi_{2Y}) - \frac{1}{J} M_c \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где ψ_{1X} и ψ_{1Y} – проекции вектора потокосцепления статора в ортогональной системе координат x – y , вращающейся со скоростью магнитного поля; U_{1X} и U_{1Y} – проекции изображающего вектора напряжения в той же системе координат; ψ_{2X} и ψ_{2Y} – соответствующие проекции вектора потокосцепления ротора; L_1 и R_1 – индуктивность и активное сопротивление цепи статора; L'_2 и R'_2 – приведенные индуктивность и активное сопротивление цепи ротора; L_0 – взаимная индуктивность; ω_0 – угловая скорость вращения магнитного поля; ω – угловая частота вращения ротора; J – приведенный момент инерции ротора; m – число фаз электродвигателя; Z_{II} – число пар полюсов; M_c – момент сопротивления на валу электродвигателя; $\Delta = L_1 L'_2 - L_1 L_0^2$.

Очевидно, что выбор такого подхода сопряжен с большими сложностями применения модели. Они возникнут сначала на этапе ее параметрической идентификации для конкретного ПЭД, поскольку необходимо знание большого количества специальных параметров, которые не содержатся в его паспортных характеристиках, а затем на этапе решения системы нелинейных уравнений.

Второй подход, который и реализован авторами данной статьи, связан с формальным математическим описанием зависимостей $\cos\varphi(P_i^O)$ и $\eta(P_i^O)$, для проведения параметрической идентификации которых необходимо знание только паспортных характеристик ПЭД. При этом структурная идентификация моделей сводилась к выбору их математической формы (структуры) и проводилась эвристическими методами в ходе интерактивных компьютерных экспериментов. К структуре этих зависимостей предъявлялись специальные требования. Основные из них – физическая непротиворечивость (наличие только одного экстремума, отсутствие точек перегиба на восходящих и нисходящих ветвях функций), минимальное количество параметров, подлежащих идентификации, совпадение модели с рабочими характеристиками в точках, соответствующих паспортным режимам.

Выбранная структура ММ имеет вид:

$$\eta_i(P_i^f) = 1 - aP_i^f - \exp\left\{-\sqrt{P_i^f}/b\right\}, \quad (5)$$

$$\cos\varphi_j(P_j^f) = \cos\varphi^x + 1 + cP_j^f - \exp\left\{-\sqrt{P_j^f}/d\right\}, \quad (6)$$

где a, b, c, d – неизвестные, постоянные для конкретного ПЭД, параметры, значения которых необходимо найти в ходе процедуры параметрической идентификации моделей;

индекс «М» в обозначениях переменных означает «модель».

Параметрическая идентификация моделей. В качестве исходных данных для идентификации используем паспортные данные ПЭД: а) максимальное значение коэффициента полезного действия η^{\max} ; б) относительное значение полезной мощности, при котором достигается η^{\max} , т.е. $P_f^{O*} = \operatorname{argmax}\eta(P_f^O)$; в) максимальное значение коэффициента мощности $\cos\varphi^{\max}$; г) значение коэффициента мощности на холостом ходе ПЭД $\cos\varphi^x$.

Отметим здесь следующее. Максимум $\eta(P_f^O)$ достигается при нагрузках P_f^O , меньших номинальной. Это закладывается на этапе проектирования ПЭД. Так, по [1], $\eta^{\max} = \eta(P_f^f = 0,6...0,85)$, по [4] – $\eta^{\max} = \eta(P_f^f = 0,85...0,9)$. Это различие можно отнести за счет изменения тенденции в проектировании асинх-

ронных двигателей (АД) – современные двигатели имеют максимальное значение η в режимах, более близких к номинальным. Максимум $\cos\varphi$ достигается при номинальной нагрузке на валу АД, т.е. $\cos\varphi^{\max} = \cos\varphi(P_i^O = 1)$. Абсолютные значения η^{\max} и $\cos\varphi^{\max}$ зависят от мощности АД и конструктивных особенностей, в частности его серии. Примеры зависимостей η^{\max} и $\cos\varphi^{\max}$ от мощности P_{II} и серии двигателей приведены по [1], на рис. 2. Конкретные значения этих параметров определены в паспортных характеристиках каждого типа двигателя, см., например, [4]. В режиме холостого хода $\cos\varphi^x = 0,08 \dots 0,15$ [1].

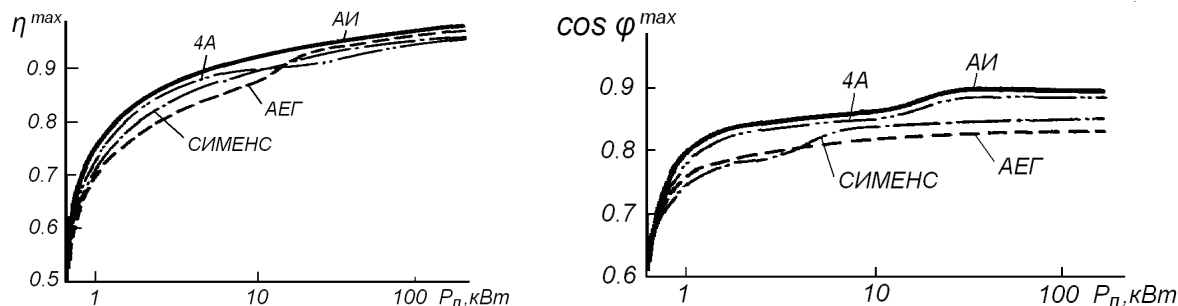


Рис. 2 – Примеры паспортных значений η^{\max} и $\cos\varphi^{\max}$ для асинхронных электродвигателей различных типов и производителей в функции их номинальной мощности [1]

Параметрическая идентификация модели $\eta_M(P_i^O)$. Для определения двух неизвестных параметров «а» и «b» в (5) составим систему двух уравнений с двумя неизвестными. Для первого уравнения используем выражение модели (5), записав его при значении аргумента $P_i^O = P_i^{O*}$:

$$\eta_i(P_i^{O*}) = 1 - aP_i^{O*} - \exp\left\{-\sqrt{P_i^{O*}}/b\right\} = \eta^{\max}. \quad (7)$$

Для второго уравнения получим выражение для первой производной η_M по P_i^O :

$$\frac{d\eta_i}{dP_i^O} = -a + \frac{1}{2b\sqrt{P_i^O}} \exp\left\{-\sqrt{P_i^O}/b\right\}. \quad (8)$$

Значение этой производной при значении аргумента P_i^O , соответствующего экстремуму функции, т.е. $P_i^O = P_i^{O*}$, равно нулю:

$$d\eta_i / dP_i^O \Big|_{P_i^O = P_i^{O*}} = 0. \quad (9)$$

Кроме того, потребуем выполнения следующего условия:

$$\eta_M(P_i^{O*}) = \eta^{\max}. \quad (10)$$

В итоге получим систему двух трансцендентных уравнений с двумя неизвестными a и b :

$$\begin{cases} \eta^{\max} = 1 - aP_i^{O*} - \exp\left\{-\sqrt{P_i^{O*}}/b\right\}, \\ 0 = -a + \frac{\sqrt{P_i^{O*}}}{2b} \exp\left\{-\sqrt{P_i^{O*}}/b\right\} \end{cases}. \quad (11)$$

После ее достаточно очевидных преобразований получим:

$$\begin{cases} b = \frac{1 - \eta^{\max} - aP_i^{O*}}{a}, \\ 1 - \eta^{\max} = \left(1 + \sqrt{P_i^{O*}}/2b\right) \exp\left\{-\sqrt{P_i^{O*}}/b\right\} \end{cases} \quad (12)$$

Второе уравнение системы остается трансцендентным, и значение «b» из этого уравнения в явном виде найдено быть не может, т.е. аналитического решения система не имеет. На рис. 3 приведены графики значений коэффициентов «а» и «b» для диапазонов изменения η^{\max} и P_i^{O*} , наиболее часто встречающихся в промышленности, найденных решением (12) численными методами.

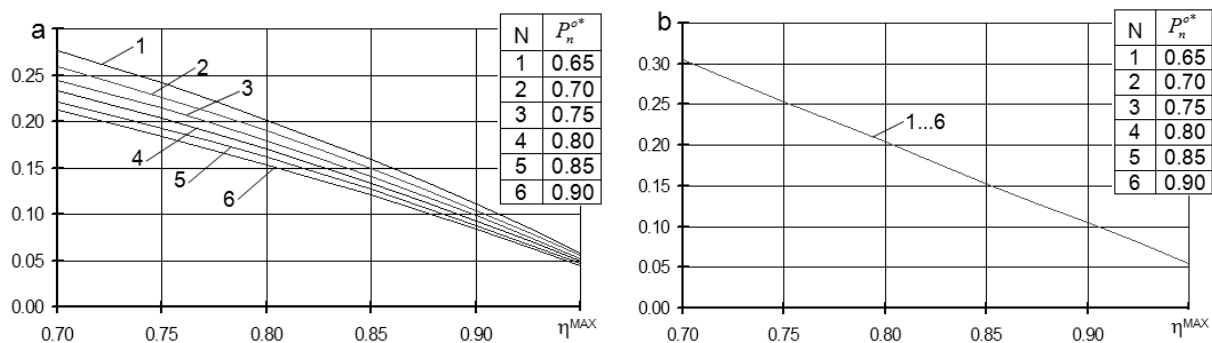


Рис. 3 – Графики значений параметров «a» и «b» для модели (5)

Параметрическая идентификация модели $\cos\varphi_M(P_f^O)$. Для определения двух неизвестных параметров «c» и «d» в (6), также, как и в предыдущем случае, составим систему двух уравнений с двумя неизвестными. Выполнив процедуры преобразований выражения (6), как это было ранее сделано для (5), и, учитывая, что в этом случае $P_f^{O*} = 1$, получим систему трансцендентных уравнений:

$$\begin{cases} d = (1 - \cos\varphi^{\max} + \cos\varphi^x - c)/c, \\ 1 - \cos\varphi^{\max} + \cos\varphi^x = (1 + 1/d)\exp\{-1/d\} \end{cases} \quad (13)$$

Результаты ее численного решения представлены на рис. 4 в форме графиков изменения значений коэффициентов «c» и «d».

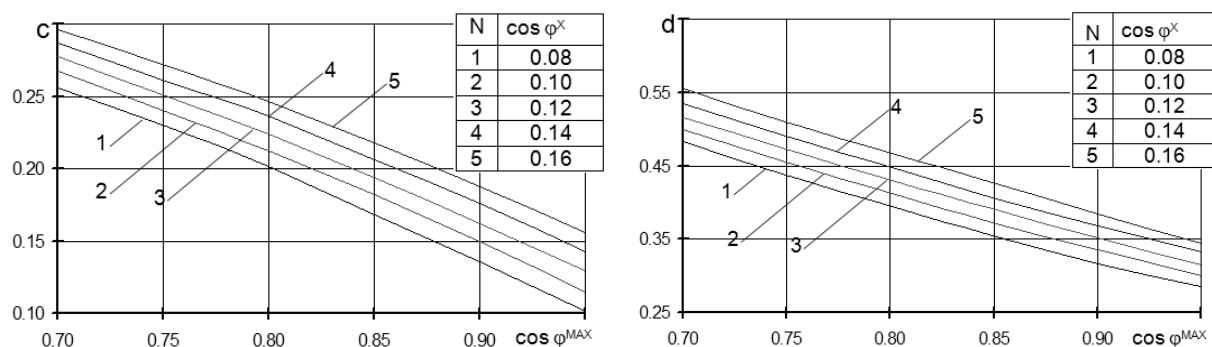


Рис. 4 – Графики для определения параметров «c» и «d» модели (6)

Учет в моделях отклонений напряжения питания ПЭД от номинального значения. Отметим, что величина этих отклонений ограничена и, как правило, не превышает $\pm 20\%$ от номинальных значений напряжения питания, что упрощает задачу. Как уже отмечалось, АД проектируют так, что в окрестности его номинального режима значения η и $\cos\varphi$ близки к максимуму. При этом максимум достигается в том случае, когда постоянные потери (механические и в стали) равны переменным потерям в обмотках АД. Поэтому влияние изменения напряжения является неоднозначным и зависит от нагрузки на валу двигателя. При увеличении напряжения происходит возрастание магнитного потока и, следовательно, увеличение тока холостого хода АД и магнитных потерь в стали. Вследствие этого η и $\cos\varphi$ двигателя уменьшаются. Уменьшение напряжения опасно тем, что, пропорционально квадрату напряжения, уменьшается максимальный вращающий момент двигателя, и при большом моменте нагрузки может произойти нарушение устойчивости работы двигателя. Кроме того, при снижении напряжения снижается η . Опытные данные показывают, что повышение напряжения на 1% увеличивает потребление реактивной мощности на 3...4% [5], т.е. эксплуатация двигателей на повышенном напряжении экономически очень невыгодна (для потребителя энергии). Характер изменений η и $\cos\varphi$ от напряжения сети U , взятый из [1], представлен на рис. 5. Отметим, что величина отклонений U от U^H ограничена и, как правило, не превышает $\pm 20\%$ относительно U^H . Это упрощает задачу адекватного отражения изменения U в моделях рабочих характеристик АД, основу для которого и составила информация, отраженная в графиках рис. 5.

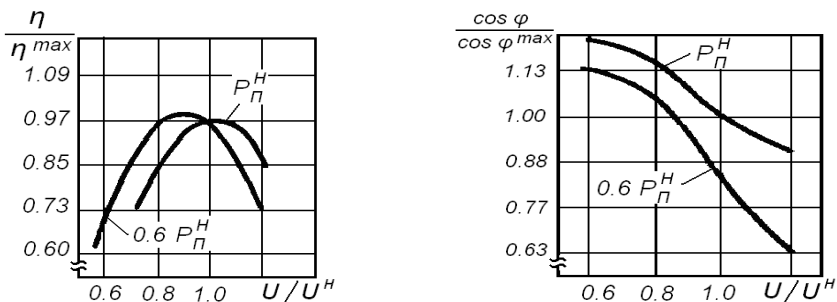


Рис. 5 – Характер изменений η и $\cos\phi$ от напряжения сети [1]

Этот учет выполнен введением в модель двух множителей k_η и $k_{\cos\phi}$, изменяющих значения η_M и $\cos\phi_M$, соответствующих номинальному напряжению питания:

$$\eta_i(P_i^j, U) = \eta_i(P_i^j, U^j) k_\eta; \quad \cos\phi_i(P_i^j, U) = \cos\phi_i(P_i^j, U^j) k_{\cos\phi}, \quad (14)$$

где $k_\eta = -3,75U^{O2} + 7,5U^O - 2,75$, $k_{\cos\phi} = -0,75U^O + 1,75$.

Реализация моделей рабочих характеристик в форме имитационной модели ПЭД. Для имитационного моделирования рабочих характеристик ПЭД в среде Simulink реализована их имитационная модель. Структурная схема модели с параметрами, соответствующими асинхронному электродвигателю 4A280S4У3 мощностью 110 кВт, по паспортным данным которого $\eta^{\max} = 92,5 \%$; $\cos\phi^{\max} = 0,9$; $P_i^{O*} = 0,85$; $\cos\phi^x = 0,08$ [4], приведена на рис. 6. На рис. 7 приведена иллюстрация работы этой имитационной модели – примеры графиков моделей рабочих характеристик электродвигателя.

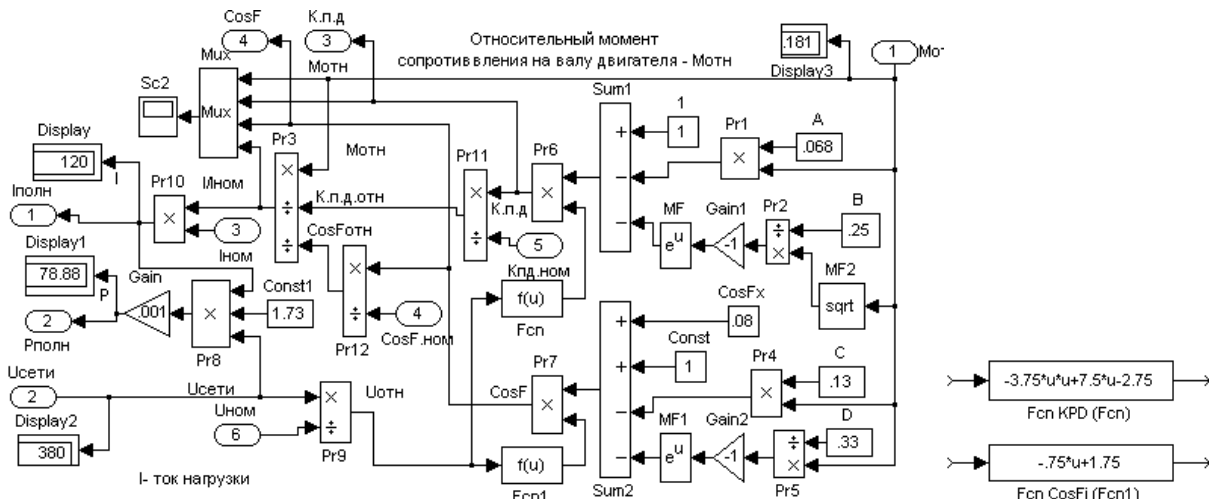


Рис. 6 – Структурная схема имитационного моделирования ПЭД как составляющей ОУ при воспроизведении его рабочих характеристик

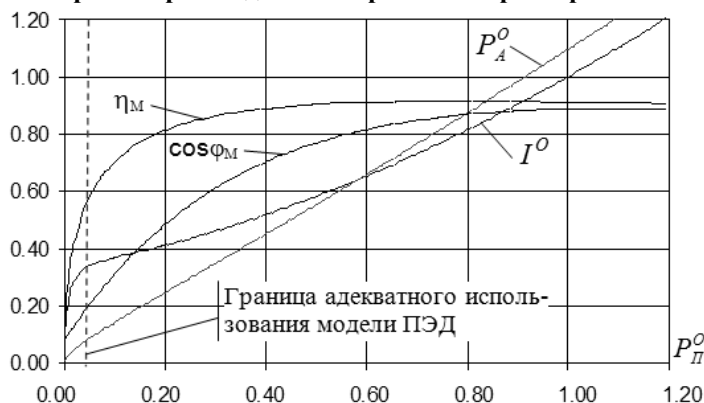


Рис. 7 – Графики моделей $\cos\phi_M(P_i^{O*})$ и $\eta_M(P_i^{O*})$ и рассчитанные на их основе графики рабочих характеристик тока нагрузки $I_i^*(P_i^{O*})$ и активной мощности $P_{Ai}^*(P_i^{O*})$ ПЭД

Заключение. Разработанные ММ коэффициентов полезного действия и мощности асинхронных электродвигателей обеспечивают воспроизведение топологии соответствующих рабочих характеристик и совпадение их значений в точках холостого хода электродвигателя и в точках их экстремумов. Такой подход обеспечивает компромисс между уровнем адекватности этих моделей и простотой их получения и применения. Важно, что две эти модели позволяют получить модели любых рабочих характеристик, описывающих энергопотребление электродвигателей в зависимости от полезной мощности или момента на их валу. На основе этих моделей реализована имитационная модель ПЭД. Она легко интегрируется в имитационные модели оборудования, позволяя адекватно описывать оборудование, приводимое в работу ПЭД, как ОУ. Это дает возможность на основе таких моделей разрабатывать САУ нагрузкой оборудования, решая при этом, в частности, задачи по минимизации энергопотребления ПЭД. Кроме того, такая модель ПЭД может позволить решить важную для управления информационную задачу – для широких диапазонов изменения нагрузки на его валу, основываясь на результатах измерения простейших электрических параметров ПЭД, прежде всего величины потребляемого им тока, восстановить, пусть с определенной степенью приближения, фактическое значение нагрузки ПЭД.

Литература

1. Радин В.И., Брускин Д.Э., Зорохович А.Е. Электрические машины: Асинхронные машины. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.
2. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов. – М.: Машиностроение, 1990. – 302 с.
3. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода. – СПб.: Энергоатомиздат, 1994. – 292 с.
4. Справочник по электрическим машинам / Под ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. – Т.1 – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
5. Иванов А.А. Электрооборудование пищевых предприятий. – К.: Техника, 1979. – 455 с.

УДК 681.5.015.3:[66.05:577.11-035]

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ

Егоров В.Б., аспирант,
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Рассматривается решение комплекса задач, связанных с разработкой системы автоматического управления процессом экструдирования биополимеров, которые возникают на этапе обеспечения ее работоспособности и эффективности в условиях неопределенностей свойств объекта и возмущений.

The decision of the tasks complex which is connected with the development of the automatic control system of the biopolymers extrusion process is considered. The tasks appear when the system serviceability and efficiency in the conditions of the object properties uncertainty and disturbance are ensured.

Ключевые слова: экструдирование биополимеров, система управления, синтез, анализ, робастность.

1. Постановка завдання. В рамках разработки концепции построения систем автоматического управления (САУ) процессом экструдирования биополимеров (ЭБП) [1 – 2] была обоснована перспективная функциональная организация САУ и разработаны три, альтернативных варианта структурных схем для ее реализации. Их отличие состояло в режиме использования управляющего воздействия, изменяющего рабочее сечение канала движения материала в экструзионной головке – u_3 . Для реализации, в качестве базового варианта САУ процессом ЭБП, выбран вариант, структурная схема которого представлена на рис. 1.

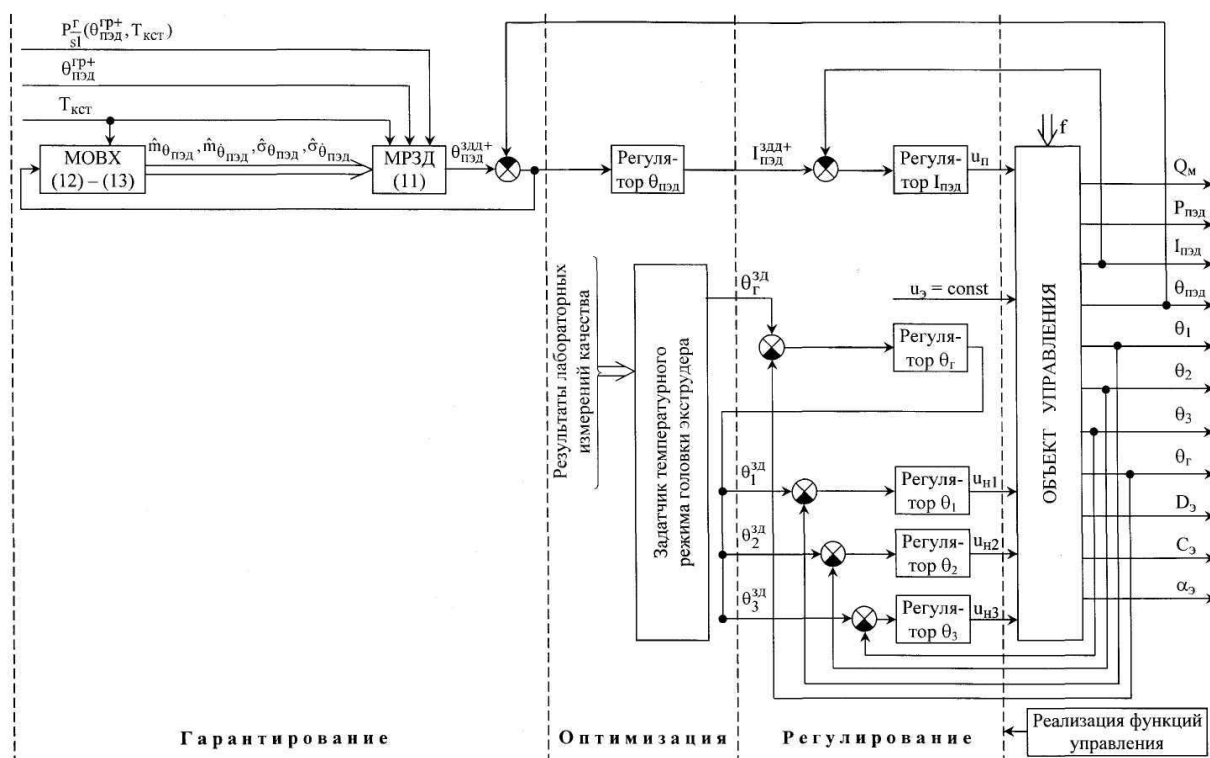


Рис. 1 – Структурная схема САУ процессом ЭБП для случая, когда использование u_3 доступно только в режиме настройки экструдера на работу с заданным видом сырья («вручную»)

Принципиальной особенностью такого варианта САУ является то, что использование u_3 доступно только в режиме настройки экструдера на работу с заданным видом сырья. Эта настройка осуществляется «вручную», совместно оператором экструдера и лаборантом, и остается, как правило, неизменной, $u_3 = \text{const}$, в течение всего времени производства экструдата из заданного сырья. Именно такое изменение u_3 и предусмотрено конструкциями экструдеров в настоящее время. Кроме того, из базового варианта САУ исключена функция измерения косвенных показателей качества экструдата, поэтому базовой САУ не реализуется и связанная с этим измерением функция гарантирования качественных показателей экструдата. В этом случае, реализация функции управления по гарантированию качественных показателей экструдата возлагается на оператора экструдера и лаборанта. Важно отметить, что базовая САУ включает в себя наиболее динамичные контура управления. Для заданной структуры САУ, обеспечение их эффективного функционирования требует обоснованного выбора настроечных параметров всех элементов управления [3 – 4]. К этим элементам относятся все шесть регуляторов, а также модули оценки вероятностных характеристик (МОВХ) и расчета допустимого заданного значения (МРЗД) степени нагрева приводного электродвигателя (ПЭД) экструдера. Наиболее эффективным инструментом такого выбора настроечных параметров является оптимальный параметрический синтез. Разработанная имитационная модель процесса ЭБП [5 – 6] позволяет реализовать такую процедуру синтеза алгоритмическими методами, в ходе специального образом организованных машинных экспериментов с имитационной моделью САУ [7 – 8].

На структурной схеме базовой САУ, рис. 1, для подсистемы регулирования температурного режима тепловой обработки сырья при его движении вдоль оси шнекового пресса, априори выбрана каскадная структура. Вместе с тем, ранее были рассмотрены три различных варианта структурных решений для этой подсистемы. При этом важно подчеркнуть, что эти варианты структурных решений могут реализовываться вне зависимости от выбранного варианта использования u_3 , поэтому целесообразно провести сравнительный анализ этих вариантов. Этому анализу должен предшествовать оптимальный параметрический синтез регуляторов подсистемы.

Кроме того, целесообразно провести сравнительный анализ эффективности функционирования САУ, при различных вариантах алгоритмов автоматического управления. Очевидно, что такое сравнение будет более объективным, когда его результаты получены методом моделирования, т.к. в реальных условиях обеспечить их тождественность для различных экспериментов невозможно.

2. Параметрический синтез подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера. В общем виде выражение для типового ПИД-алгоритма регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера, реализующего принцип замкнутого управления, принимает вид:

$$u_i(t) = k_{pI} \left(\Delta I_{i\ddot{a}}(t) + \frac{1}{T_{\dot{e}cI}} \int_0^t \Delta I_{i\ddot{a}}(t) dt + T_{i\ddot{d}I} \frac{d\Delta I_{i\ddot{a}}(t)}{dt} \right) + u_{i0}, \quad (1)$$

где u_{i0} – начальное значение управляющего воздействия $u_i(t)$ в момент замыкания контура регулирования, обеспечивающее «безударность» этого замыкания;

$\Delta I_{i\ddot{a}}(t) = I_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}\ddot{a}+}(t) - I_{i\ddot{a}}(t)$ – ошибка регулирования тока нагрузки $I(t)$;

$I_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}\ddot{a}+}(t)$ – заданное значение тока нагрузки, с учетом гарантирования соблюдения теплового режима ПЭД (ограничения «сверху» на величину перегрева ПЭД экструдера);

$k_{pI}, T_{\dot{e}cI}, T_{i\ddot{d}I}$ – настроечные параметры регулятора тока, подлежащие оптимизации.

Оптимизация параметров регулятора осуществлялась по интегральному квадратичному критерию в соответствии с выражением (2), в ходе специального компьютерного эксперимента с использованием имитационной модели подсистемы. При этом время моделирования $T_{\text{МОД}}$ САУ на каждом шаге оптимизации соответствовало времени, на котором осуществлялось моделирование возмущений [6], приведенных к каналам изменения напряжения питающей сети и влажности экструдированного сырья.

$$k_{pI}^*, T_{\dot{e}cI}^*, T_{i\ddot{d}I}^* = \operatorname{argmin} \left\{ \int_0^{\Delta t} \left(I_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}\ddot{a}+} - I_{i\ddot{a}}(k_{pI}, \dot{O}_{\dot{e}cI}, \dot{O}_{i\ddot{d}I}, t) \right)^2 dt \right\}, \quad (2)$$

Значения начальных приближений $k_{pI}, T_{\dot{e}cI}, T_{i\ddot{d}I}$ настроечных параметров для реализации первого шага поисковой процедуры оптимизации (2) найдены исходя из свойств типовой модели динамики по каналу регулирования [6], в соответствии с рекомендациями [4]: $k_{pI} = 0,85$ % у.в./А, $T_{\dot{e}cI} = 7$ с, $T_{i\ddot{d}I} = 3$ с. Значения параметров, найденные в ходе процедуры оптимизации и округленные: $k_{pI}^* = 1,0$ % у.в./А, $T_{\dot{e}cI}^* = 8,0$ с, $T_{i\ddot{d}I}^* = 2,0$ с.

3. Параметрический синтез альтернативных вариантов подсистемы регулирования температурного режима обработки сырья в экструдере. Вариант 1 подсистемы реализуется на основе замкнутого принципа управления с «классической» структурой, когда заданные значения температур $\theta_i(t)$, $i = \overline{1,3}$, на своих заданных значениях $\theta_i^{c\ddot{a}\ddot{a}}(t)$ поддерживаются соответствующими регуляторами. При этом управляющие воздействия формируются на основе ошибок регулирования, в соответствии с выбранными для регуляторов алгоритмами регулирования:

$$u_{ii}(t) = k_{p\theta i} \left(\Delta \theta_i(t) + \frac{1}{T_{\dot{e}c\theta i}} \int_0^t \Delta \theta_i(t) dt + T_{i\ddot{d}\theta i} \frac{d\Delta \theta_i(t)}{dt} \right) + u_{ii0}, \quad i = \overline{1,3}, \quad (3)$$

где u_{ii0} – начальные значения управляющих воздействий $u_{ii}(t)$ в момент замыкания контура регулирования, обеспечивающие «безударность» этого замыкания;

$\Delta \theta_i(t) = \theta_i^{c\ddot{a}\ddot{a}}(t) - \theta_i(t)$ – ошибки регулирования температур $\theta_i(t)$;

$k_{p\theta i}, T_{\dot{e}c\theta i}, T_{i\ddot{d}\theta i}, i = \overline{1,3}$, – настроечные параметры регуляторов температур, подлежащие оптимизации.

Оптимизация осуществлялась, как и в предыдущем случае, по интегральному квадратичному критерию в соответствии с выражением (4), в ходе специального компьютерного эксперимента с использованием имитационной модели подсистемы.

$$k_{p\theta i}^*, T_{\dot{e}c\theta i}^*, T_{i\ddot{d}\theta i}^* = \operatorname{argmin} \left\{ \sum_{i=1}^3 \int_0^{\Delta t} \left(\theta_i^{c\ddot{a}\ddot{a}} - \theta_i(k_{p\theta i}, \dot{O}_{\dot{e}c\theta i}, \dot{O}_{i\ddot{d}\theta i}, t) \right)^2 dt \right\}, \quad (4)$$

Значения начальных приближений $k_{p\theta i}, T_{\dot{e}c\theta i}, T_{i\ddot{d}\theta i}$ настроечных параметров для реализации первого шага поисковой процедуры оптимизации (4) найдены исходя из свойств типовых моделей динамики по каналу регулирования. При этом были приняты во внимание следующие две важные особенности «тепловой» составляющей объекта управления (ОУ). Первая. Величина времени запаздывания в указанных моделях несоизмеримо меньше, чем их постоянная времени, что облегчает достижение высокого качества регулирования. Вторая. Каналы регулирования температуры имеют перекрестные связи с коэф-

фициентами передачи, величина которых соизмерима со значениями коэффициентов передачи в прямых каналах, что делает процесс регулирования температур взаимосвязанным и существенно затрудняет достижение высокого качества регулирования. С учетом рекомендаций [4] и сделанных выше замечаний, начальные значения настроечных параметров регуляторов приняты одинаковыми и равными: $k_{p\theta_i}^i = 10$ % у.в./ $^{\circ}\text{C}$, $T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_i}^i = 3$ с, $T_{i\dot{\theta}\theta_i}^i = 1$ с. Значения параметров, найденные в ходе процедуры оптимизации и округленные, также приняты равными для всех трех регуляторов температуры: $k_{p\theta_i}^* = 2,0$ % у.в./ $^{\circ}\text{C}$, $T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_i}^* = 10$ с, $T_{i\dot{\theta}\theta_i}^* = 2$ с, $i = \overline{1,3}$.

Существенным недостатком структуры подсистемы регулирования температурного режима обработки сырья в экструдере, параметрическая оптимизация которой проведена выше, является то, что температура головки θ_z экструдера не регулируется. Ресурсы для такого регулирования были утеряны при отказе в базовой САУ от непрерывного изменения u_z , т.е. использования его в качестве управляющего воздействия САУ. Реализация структуры подсистемы регулирования температурного режима по «перекрестной» схеме дает определенные ресурсы для регулирования θ_z . Как и в предыдущем варианте, функции регулирования температур реализуются на основе замкнутого принципа управления, но, очевидно, имеют особенность, обусловленную перекрестной схемой регулирования. Ее сущность состоит в том, что управляющие воздействия i -той зоны формируются на основе ошибок регулирования температуры в $i+1$ -ой зоне, причем температура в 4-ой зоне соответствует θ_z . Для типовых алгоритмов регулирования выражения для формирования управляющих воздействий имеют вид:

$$u_{ii}(t) = k_{p\theta_{i+1}} \left(\Delta\theta_{i+1}(t) + \frac{1}{T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_{i+1}}} \int_0^t \Delta\theta_{i+1}(t) dt + T_{i\dot{\theta}\theta_{i+1}} \frac{d\theta_{i+1}(t)}{dt} \right) + u_{ii0}, \quad i = \overline{1,3}, \quad \theta_{3+1} = \theta_4 \equiv \theta_z, \quad (5)$$

где $\Delta\theta_{i+1}(t) = \theta_{i+1}^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}}(t) - \theta_{i+1}(t)$, $\theta_4^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}} \equiv \theta_a^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}}$ – ошибки регулирования температур $\theta_{i+1}(t)$.

Результаты параметрического синтеза для алгоритмов (5) по критерию (6):

$$k_{p\theta_{i+1}}^*, T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_{i+1}}^*, T_{i\dot{\theta}\theta_{i+1}}^* = \operatorname{argmin} \left\{ \sum_{i=1}^{i=3} \int_0^{\dot{\theta}i\dot{\alpha}} \left(\theta_{i+1}^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}} - \theta_{i+1}(k_{p\theta_{i+1}}, \dot{\epsilon}\zeta\theta_{i+1}, \dot{\theta}i\dot{\theta}_{i+1}, t) \right)^2 dt \right\} \quad (6)$$

показали возможность сохранения настроек, которые были получены для предыдущего варианта структуры этой подсистемы.

Еще один вариант структуры подсистемы регулирования температурного режима обработки сырья, дающий возможность регулирования θ_z , имеет каскадную структуру, где главной регулируемой переменной является температура θ_z экструдерной головки. Особенность структуры подсистемы состоит в том, что ее главный регулятор (регулятор θ_z) устанавливает одновременно заданные значения сразу трем вспомогательным регуляторам (регуляторам θ_i , $i = \overline{1,3}$), а не одному, как в классической каскадной структуре. Для типовых алгоритмов регулирования выражения для формирования управляющих воздействий вспомогательных и главного регулятора имеют вид:

$$u_{ii}(t) = k_{p\theta_i} \left(\Delta\theta_i(t) + \frac{1}{T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_i}} \int_0^t \Delta\theta_i(t) dt + T_{i\dot{\theta}\theta_i} \frac{d\theta_i(t)}{dt} \right) + u_{ii0}, \quad i = \overline{1,3},$$

$$\Delta\theta_i(t) = \theta_i^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}}(t) - \theta_i(t), \quad \theta_i^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}} \equiv \theta_a^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}} \quad \text{для } i = \overline{1,3}, \quad (7)$$

$$\theta_a^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}}(t) = k_{p\theta_a} \left(\Delta\theta_a(t) + \frac{1}{T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_a}} \int_0^t \Delta\theta_a(t) dt + T_{i\dot{\theta}\theta_a} \frac{d\theta_a(t)}{dt} \right) + \theta_{a0}^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}},$$

$$\Delta\theta_a(t) = \theta_a^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}}(t) - \theta_a(t).$$

Для этого варианта подсистемы настройки вспомогательных регуляторов температуры были сохранены на значениях, принятых после оптимизации параметров регуляторов температуры. Для рассматриваемого варианта подсистемы параметрический синтез проводился только для главного регулятора, в соответствии с критерием:

$$k_{p\theta_a}^*, T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_a}^*, T_{i\dot{\theta}\theta_a}^* = \operatorname{argmin} \left\{ \int_0^{\dot{\theta}i\dot{\alpha}} \left(\theta_a^{\dot{\epsilon}\dot{\alpha}}(t) - \theta_a(k_{p\theta_a}, \dot{\epsilon}\zeta\theta_a, \dot{\theta}i\dot{\theta}_a, t) \right)^2 dt \right\}, \quad (8)$$

Принятые значения этих настроек: $k_{p\theta_a}^* = 1,0$ % у.в./ $^{\circ}\text{C}$, $T_{\dot{\epsilon}\zeta\theta_a}^* = 15$ с, $T_{i\dot{\theta}\theta_a}^* = 3$ с.

4. Анализ работы подсистем регулирования с типовыми алгоритмами. Анализ работы подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера и альтернативных вариантов подсистемы регулирования температурного режима обработки сырья в экструдере проводился на полной имитационной модели ОУ и действующих на него возмущений. В качестве базы для сравнения, первоначально, было проведено моделирование работы объекта при фиксированных управляющих воздействиях $u_s = 0,75$, $u_n = 17,2$ % у.в., $u_{n1} = 20$ % у.в., $u_{n2} = 30$ % у.в., $u_{n3} = 45$ % у.в., значения которых были подобраны специальным образом. Основными требованиями при этом подборе было обеспечение температурного режима обработки сырья в экструдере в окрестности регламентированных значений и максимально возможная подача сырья в экструдер (производительность экструдера), при которой на интервале моделирования не происходило бы срабатывания тепловой защиты ПЭД экструдера из-за его перегрузки. Такой вариант управления процессом можно рассматривать как вариант управления оператором («ручного» управления процессом). Результаты его моделирования приведены на рис. 2. Анализ рис. 2 показывает, что все регламентированные переменные процесса экструдирования под действием возмущений существенно изменяются и, безусловно, задача автоматического регулирования температурного режима обработки сырья при экструдировании и тока нагрузки ПЭД экструдера весьма актуальна.

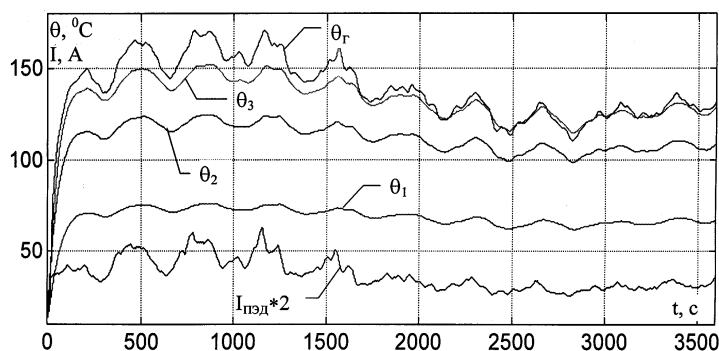


Рис. 2 – Моделирование процесса экструдирования при фиксированных управляющих воздействиях (подача сырья соответствует максимуму производительности экструдера без перегрева его ПЭД)

Кроме того, для оценки эффективности разработанных систем управления, приводилось моделирование двух «промежуточных» ситуаций, когда реализована одна из двух подсистем регулирования, либо температурного режима обработки сырья, либо тока нагрузки ПЭД. В первой ситуации, при стабилизации температур по зонам, их заданные значения достаточно точно выдерживаются за счет изменения соответствующих управляющих воздействий. При этом температура экструзионной головки существенно уменьшила размах своих колебаний, но она сохранила свою зависимость от степени нагрузки на ПЭД экструдера, которая, в том числе, пропорциональна механической работе, выполняемой над сырьем, и, следовательно, его нагреву за счет этой работы. Во второй ситуации стабилизация тока нагрузки ПЭД за счет изменения подачи сырья на экструдирование, одновременно позволяет существенно снизить размах колебаний температур и в зонах нагрева и в экструдировующей головке. Этот факт указывает на то, что в условиях минимизации затрат на автоматизацию экструдера, целесообразно в первую очередь решать задачу автоматической стабилизации тока нагрузки его ПЭД.

Результаты моделирования САУ процессом ЭБП при автоматическом регулировании тока нагрузки ПЭД, $I^{зд} = 24,6$ А, и температурного режима обработки сырья при трех вариантах структуры подсистемы регулирования температур приведены на рис. 3. Вариант прямого регулирования температур, $\theta_1^{сд} = 70$ °С, $\theta_2^{сд} = 115$ °С, $\theta_3^{сд} = 145$ °С, для фиксированного управляющего воздействия $u_s = 0,75$, отражает рис. 3«а». Как из него следует, тепла, которое выделяется при выполнении механической работы над сырьем при такой его подаче, которая соответствует заданному значению тока нагрузки ПЭД экструдера $I^{зд} = 24,6$ А, достаточно, чтобы удерживать температуры в зонах нагрева выше своих заданных значений без подвода тепла от ТЭНов. Поэтому, после окончания переходных процессов в контурах регулирования температур θ_1 , θ_2 и θ_3 все их управляющие воздействия стали равными нулю. Вариант перекрестного регулирования температур, $\theta_2^{сд} = 115$ °С, $\theta_3^{сд} = 145$ °С, $\theta_a^{сд} = 150$ °С, для фиксированного управляющего воздействия $u_s = 0,75$, отражает рис. 3«б». Как из него следует, при такой структуре подсистемы автоматического регулирования температурного режима обработки сырья появляется возможность целенаправленно влиять на температуру θ_a экструдировующей головки. Повышение ее значения до заданного $\theta_a^{сд} =$

150 °С и регулирование (стабилизация) на заданном значении осуществляется, в данном примере, за счет управляющего воздействия предыдущей зоны нагрева. Это, одновременно, вызывает рост температур в соседних зонах нагрева выше заданных значений. Последствия такого перегрева в рамках данной работы оценить сложно. Они могут быть как отрицательными, так и положительными, причем в зависимости от вида экструдруемого сырья и его характеристик. При всем этом необходимо учитывать, что указанные значения температур соответствуют температурам корпуса экструдера в зонах прессования, а не температурам перемещающегося через эти зоны продукта. Вариант каскадного регулирования температуры экструзионной головки, $\theta_a^{c\ddot{a}} = 150$ °С, для фиксированного управляющего воздействия $u_c = 0,75$, отражает рис. 3«в». Отметим, что при такой структуре подсистемы автоматического регулирования температурного режима обработки сырья, выход (управляющее воздействие) главного регулятора является общим задающим воздействием регуляторов температуры отдельных зон нагрева. Как из него следует, значения температур в этих зонах, по сравнению с предыдущим вариантом, выросли. Как и предполагалось на этапе концептуальной разработки структуры САУ, такая структура каскадной подсистемы позволила наиболее эффективно мобилизовать ресурсы управляющих воздействий для достижения главной цели этой подсистемы регулирования температурного режима – поддержания необходимого значения θ_c . Замечания о последствиях высоких значений температур в зонах нагрева, сделанные выше, здесь также актуальны.

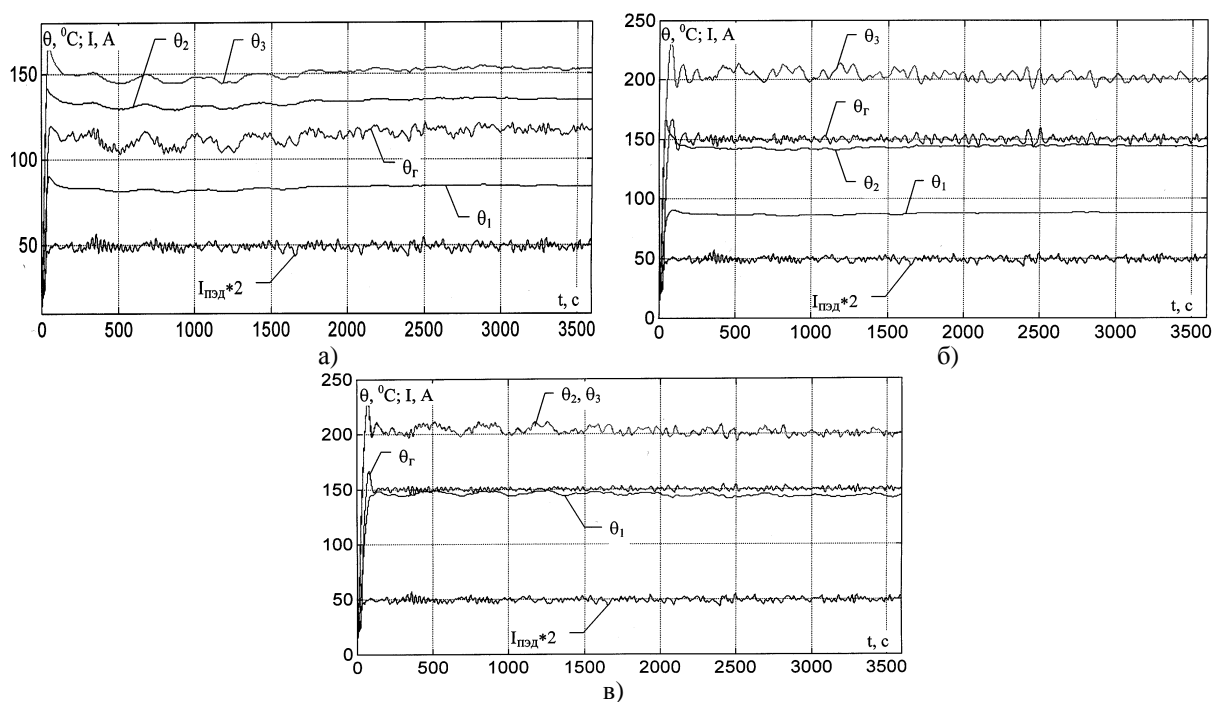


Рис. 3 – Моделирование процесса ЭБП для фиксированного управляющего воздействия $u_c = 0,75$, при автоматическом регулировании тока нагрузки ПЭД, $I_{\text{ПЭД}}^{c\ddot{a}} = 24,6$ А, и температурного режима обработки сырья:

а) $\theta_1^{c\ddot{a}} = 70$ °С, $\theta_2^{c\ddot{a}} = 115$ °С, $\theta_3^{c\ddot{a}} = 145$ °С; б) $\theta_2^{c\ddot{a}} = 115$ °С, $\theta_3^{c\ddot{a}} = 145$ °С, $\theta_a^{c\ddot{a}} = 150$ °С; в) $\theta_a^{c\ddot{a}} = 150$ °С

5. Повышение запасов устойчивости (робастности) подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера. В [1, 9 – 10], в ходе априорного анализа особенностей реализации САУ процесса ЭБП функции регулирования, отмечался высокий уровень неопределенности динамических свойств каналов управления, и, прежде всего, подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера. Это требует повышения качества реализации функции регулирования, которое должно идти в направлении повышения запаса устойчивости подсистемы регулирования тока и сохранения (лучше – повышения) динамической точности регулирования в условиях изменяющихся свойств ОУ. Такое повышение качества можно интерпретировать как повышение робастности подсистемы.

Отметим, что для подсистемы регулирования температурного режима обработки сырья задачи повышения динамической точности и расширения запаса устойчивости не актуальны. Это, в частности, иллюстрируют результаты моделирования подсистем регулирования с типовыми алгоритмами, рассмот-

ренные на рис. 3. В том случае, когда ресурсов на управление температурами было достаточно, то они стабилизировались подсистемой с достаточно высокой точностью. Это объясняется малым значением соотношения времени запаздывания к постоянной времени типовой модели каналов регулирования температур. Одновременно, факторов, которые могут существенно влиять на изменение динамических свойств этих каналов, которые и отражаются в модели, нет. Эти свойства определяются, прежде всего, массами корпуса прессующей и экструдующей частей экструдера, а они остаются неизменными.

Для подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера задачи повышения динамической точности и расширения запаса устойчивости актуальны. Задача повышения динамической точности обуславливается значительным значением соотношения времени запаздывания к постоянной времени типовой модели этого канала регулирования и влиянием на динамические свойства канала многих факторов. Как показали исследования, динамическую точность работы подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера, после оптимизации параметров ее регулятора, во всем диапазоне изменения возмущений, можно было бы считать приемлемой. Однако при проведенной оптимизации не учитывались возможные изменения других факторов, в частности, изменения управляющего воздействия u_3 . Исследования показали, что его изменения существенно влияют на коэффициент передачи канала регулирования, и, при определенных условиях, связанных с неблагоприятными возмущениями, подсистема регулирования может стать неустойчивой. Сказанное иллюстрирует рис. 4, где приведены временные диаграммы процессов регулирования тока нагрузки при трех различных значениях u_3 .

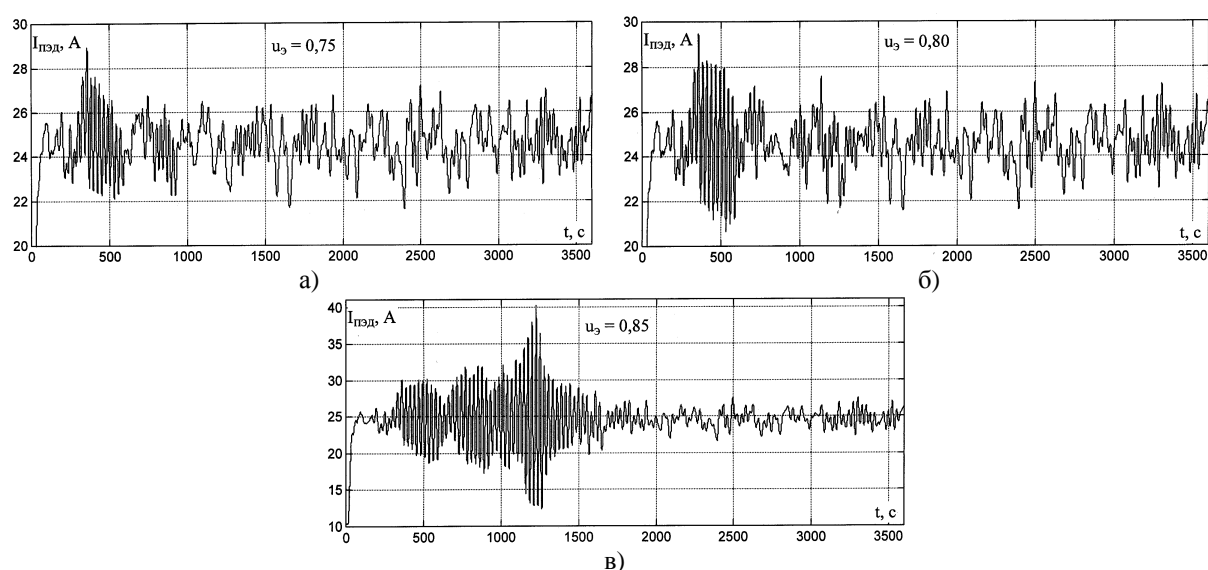


Рис. 4 – Фрагменты моделирования процесса регулирования тока нагрузки ПЭД, $I_{iy\bar{a}}^{c\bar{a}} = 24,6$ А, для различных значений управляющего воздействия u_3

Из рисунка следует, что для всех рассмотренных значений u_3 , при определенных условиях, в данном случае при пониженной влажности и повышенном напряжении питающей сети, качество регулирования тока нагрузки падает. Снижение качества связано с интенсификацией собственной составляющей движения контура регулирования из-за снижения запаса его устойчивости при изменяющихся в неблагоприятную сторону динамических свойствах объекта. При этом очевидно следующее: а) для $u_3 = 0,75$ снижением качества регулирования можно пренебречь, т.к. собственная составляющая движения контура сходится, т.е. контур имеет запас устойчивости; б) для $u_3 = 0,80$ снижением качества регулирования пренебрегать нецелесообразно, т.к. собственная составляющая движения контура практически не затухает, т.е. контур находится в окрестности границы устойчивости; в) для $u_3 = 0,85$ снижением качества регулирования пренебрегать недопустимо, т.к. собственная составляющая движения контура расходится, т.е. контур регулирования неустойчив.

Известно [11 – 13], что одной из достаточно простых и, как показывает практика, эффективных мер повышения запаса устойчивости контуров регулирования, имеющих значительное запаздывание, является прогнозирование собственного движения системы на время запаздывания вперед (введение в структуру регулятора упредителя Смита). Для алгоритмов регулирования с прогнозированием выражения для формирования управляющих воздействий имеют вид:

$$\begin{aligned}
 u_i^{\ddot{a}}(t) &= k_{PI} \left(\Delta I_{i\ddot{a}}^{\ddot{a}}(t) + \frac{1}{T_{\dot{e}SI}} \int_0^t \Delta I_{i\ddot{a}}^{\ddot{a}}(t) dt + T_{i\ddot{a}} \frac{d\Delta I_{i\ddot{a}}^{\ddot{a}}(t)}{dt} \right) + u_0; \\
 \Delta I_{i\ddot{a}}^{\ddot{a}}(t) &= I_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}}(t) - I_{n\ddot{a}}(t) - I^{mp}(t); \\
 I^{mp}(t) &= I_1^{\ddot{a}}(t) - I_1^{\ddot{a}}(t - \tau_{i\ddot{a}}); \\
 I_1^{\ddot{a}}(t) &= k_{i\ddot{a}} u_i^{\ddot{a}} - T_{i\ddot{a}} \frac{dI_1^{\ddot{a}}(t)}{dt}.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Схема моделирования ПИД-регулятора с прогнозированием и результаты моделирования подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера при $u_s = 0,85$, приведены на рис. 5. По результатам параметрической оптимизации параметры настройки базовых составляющих ПИД-регулятора были оставлены без изменения, а значения настроечных параметров упредителя Смита установлены следующими: $k_{i\ddot{a}}^* = 1,2$ А/% у.в., $\dot{O}_{i\ddot{a}}^* = 6$ с, $\tau_{i\ddot{a}}^* = 6$ с. Моделирование показало практическую идентичность процессов регулирования для всех трех значений u_s , и именно поэтому на рисунке приведен только один из этих процессов.

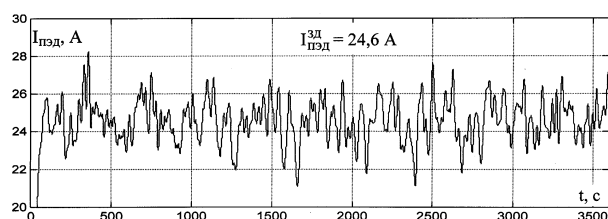


Рис. 5 – Фрагмент моделирования подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера с ПИД-регулятором с прогнозированием при $u_s = 0,85$

Таким образом, задачу повышения запасов устойчивости и стабилизации динамической точности подсистемы регулирования тока нагрузки ПЭД экструдера, для широких диапазонов условий ее работы, за счет введения в алгоритм регулирования прогнозирования собственного движения системы на время запаздывания вперед, можно считать решенной.

6. Параметрический синтез и анализ подсистемы гарантирующего управления степенью нагрева ПЭД экструдера. В базовом варианте САУ, см. рис. 1, оптимизация (минимизация) энергозатрат реализована в предположении, что режимы максимальной энергетической эффективности ведения процесса ЭБП совпадают с режимами максимальной загрузки ПЭД экструдера. В свою очередь, максимальная загрузка экструдера ограничивается предельно-допустимым температурным режимом его ПЭД. Таким образом, задача оптимизации решается за счет решения задачи гарантирующего управления.

Отметим важную особенность реализации подсистемы. Температура $\theta_{n\ddot{a}}$ непосредственно не измеряется. Делать это нецелесообразно по двум причинам. Первая – электродвигатель, как тепловой объект, является объектом с распределенными параметрами. Вторая – отключение электродвигателя от сети, в случае его перегрева, осуществляет реле тепловой защиты, которое проектируется как физическая модель с сосредоточенными параметрами этого теплового объекта. Вместо непосредственного измерения $\theta_{n\ddot{a}}$ ее значение, точнее относительное значение, которое назовем здесь «степень нагрева» ПЭД, а обозначение сохраним, вычисляется по математической модели реле тепловой защиты, см. [14]. Отметим, что номинальное значение степени нагрева $\theta_{n\ddot{a}} = 1$, соответствует состоянию реле тепловой защиты, когда по нему и, значит и по ПЭД, протекает номинальный ток. Степень нагрева $\theta_{i\ddot{a}}^{\ddot{a}+}$ соответствует срабатыванию реле тепловой защиты и отключению ПЭД от сети.

Стабилизация $\theta_{n\ddot{a}}$ соответствующим регулятором, при которой ее среднее значение ($\bar{\theta}_{i\ddot{a}}$) максимально приближается к $\theta_{i\ddot{a}}^{\ddot{a}+}$, и, одновременно, вероятность соблюдения теплового режима сохраняется не ниже гарантированной, обеспечивается непрерывным расчетом допустимого заданного значения $\theta_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}+}$ [15]. При этом можно считать, что $\bar{\theta}_{i\ddot{a}} = \theta_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}+}$. Текущее значение $\theta_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}+}$ является заданным значением для регулятора степени нагрева $\theta_{n\ddot{a}}$. Этот регулятор выступает в качестве главного регулятора, а регулятор тока – в качестве вспомогательного, для которого заданное значение $I_{i\ddot{a}}^{c\ddot{a}+}$ формируется как управляющее воздействие главного регулятора. Типовой ПИД-алгоритм регулятора тока и его ПИД-алгоритм с прогнозированием были рассмотрены выше. В качестве алгоритма регулятора степени нагрева $\theta_{n\ddot{a}}$ также

используется типовый ПИД-алгоритм:

$$I_{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}(t) = k_{p\theta_{iy\ddot{a}}} \left(\Delta\theta_{iy\ddot{a}}(t) + \frac{1}{T_{ec\theta_{iy\ddot{a}}}} \int_0^t \Delta\theta_{iy\ddot{a}}(t) dt + T_{id\theta_{iy\ddot{a}}} \frac{d\Delta\theta_{iy\ddot{a}}(t)}{dt} \right) + I_{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}(t);$$

$$\Delta\theta_{iy\ddot{a}}(t) = \theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}(t) - \theta_{iy\ddot{a}}(t). \quad (10)$$

Значения настроечных параметров регулятора, принятые после процедуры их параметрической оптимизации и по критерию, аналогичному (2): $k_{p\theta_{iy\ddot{a}}}^* = 10$ А/отн.ед.; $\dot{O}_{ec\theta_{iy\ddot{a}}}^* = 50$ с; $\dot{O}_{id\theta_{iy\ddot{a}}}^* = 10$.

Расчет значения $\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}$ осуществляется в модуле расчета допустимого заданного значения (МРЗД) степени нагрева ПЭД на основании информации, получаемой с модуля оценки вероятностных характеристик (МОВХ), см. рис. 1. Они реализуют следующие алгоритмы. МРЗД – (11):

$$\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}(t) = \theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+} - \hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t) \sqrt{2 \ln \left| \frac{T \hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t)}{2\pi \hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t) \ln P_{s1}(\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}, T)} \right\} \exp \left(-\frac{\hat{m}_{\theta_{iy\ddot{a}}}^2(t)}{2 \hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}^2(t)} \right) - \frac{\sqrt{2\pi} \hat{m}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t)}{\hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t)} \hat{O} \left(\frac{\hat{m}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t)}{\hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t)} \right) \Bigg|}, \quad (11)$$

$$\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+} = 1,1; T = 500 \text{ с}; P_{s1}(\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}, T) = 0,99.$$

МОВХ – (12) – (13):

$$\hat{m}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t) = \frac{1}{T_m} \int_t^{t+T_m} \theta_{iy\ddot{a}}(t) dt, \quad \hat{m}_{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}}(t) = \frac{1}{T_m} \int_t^{t+T_m} \dot{\theta}_{iy\ddot{a}}(t) dt, \quad (12)$$

$$\hat{\sigma}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t) = \frac{1}{T_{ec\dot{\theta}}} \int_t^{t+T_{ec\dot{\theta}}} (\theta_{iy\ddot{a}}(t) - \hat{m}_{\theta_{iy\ddot{a}}}(t))^2 dt; \quad \hat{\sigma}_{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}}(t) = \frac{1}{T_{ec\dot{\theta}}} \int_t^{t+T_{ec\dot{\theta}}} (\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}(t) - \hat{m}_{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}}(t))^2 dt, \quad (13)$$

$$T_m = 150 \text{ с}; T_{ксм} = 350 \text{ с}.$$

Результаты моделирования этой подсистемы с алгоритмом прогнозирования приведены на рис. 6. Отметим, что моделирование осуществлялось на интервале 3 часа (10800 с), а рассматривался, для большей наглядности, только интервал установившегося режима работы экструдера, представленный на рисунках. По результатам моделирования можно сделать два главных вывода. Первый. Для всех рассмотренных вариантов работы подсистемы гарантирующего управления, функция определения в реальном времени допустимого заданного значения степени нагрева ПЭД $\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}$, при котором $\theta_{пэд}$ максимально близко приближается к своему предельно-допустимому (граничному) значению $\theta_{iy\ddot{a}}^{\dot{\theta}_{iy\ddot{a}}^+}$, и, одновременно, не превышает его, выполняется. Подчеркнем, что выполнение этой функции обеспечивается и в неблагоприятных условиях, при $u_s = 0,85$, когда внутренний контур регулирования тока нагрузки периодически становится неустойчивым. Второй. Введение в регулятор тока алгоритма прогнозирования изменения регулируемой переменной на время запаздывания вперед снимает проблему неустойчивости контура, стабилизирует качество регулирования, повышает эффективность САУ процессом ЭБП в целом.

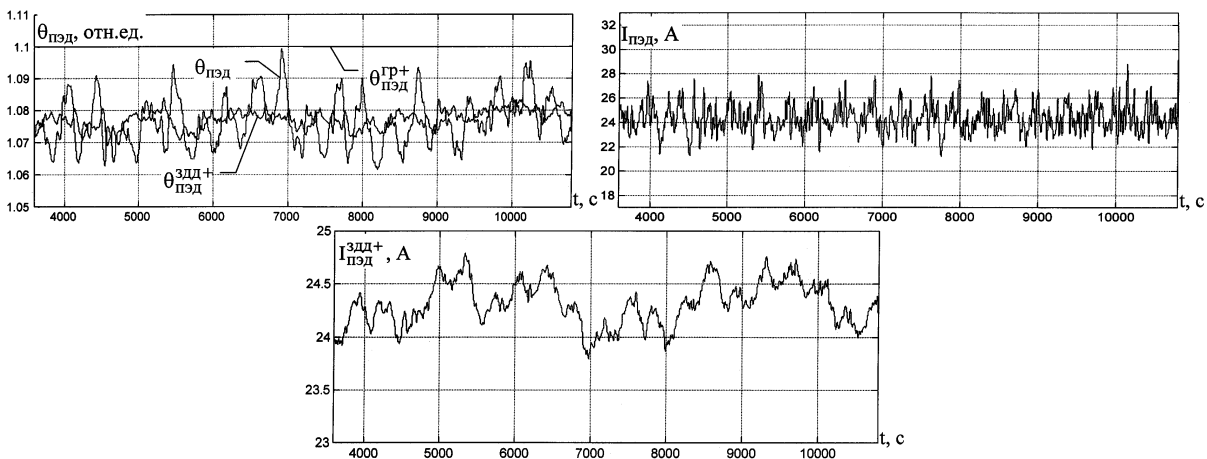


Рис. 6 – Фрагмент моделирования подсистемы гарантирующего управления степенью нагрева ПЭД экструдера для $u_s = 0,85$, регулятор тока с прогнозированием

Заключення. Приведем результаты моделирования САУ процесса ЭБП, при различных вариантах подсистемы управления загрузкой экструдера, позволяющие оценить показатели эффективности процесса. В качестве этих показателей выбраны среднее значение производительности (количество экструдата, полученного за один час работы) и усредненные за час работы удельные затраты электроэнергии на экструдирование. Подсистема регулирования температурного режима тепловой обработки сырья имела каскадную структуру. Очевидно, что показатели качества экструдата при моделировании учтены быть не могли. Результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты оценки энергетической эффективности процесса ЭБП с различными вариантами управления загрузкой экструдера

Вариант управления загрузкой экструдера	Условия моделирования	Количество экструдата, полученного за один час работы, кг	Количество электроэнергии, затраченной за один час работы, кВтч	Удельные затраты электроэнергии, кВтч/кг
САР стабилизации тока нагрузки ПЭД экструдера	$u_3 = 0,75;$ $I_{i\ddot{y}\ddot{a}}^{\zeta\ddot{a}} = 18A$	175,3	12,28	0,0700
	$u_3 = 0,75;$ $I_{i\ddot{y}\ddot{a}}^{\zeta\ddot{a}} = 20A$	200	13,73	0,0687
	$u_3 = 0,75;$ $I_{i\ddot{y}\ddot{a}}^{\zeta\ddot{a}} = 22 A$	222,4	15,11	0,0680
СГУ степенью нагрева ПЭД экструдера	$u_3 = 0,75;$ без упредителя	247,1	16,69	0,0675
	$u_3 = 0,85;$ без упредителя	227	16,01	0,0703
	$u_3 = 0,85$ с упредителем	231	16,57	0,0717

Анализ результатов показывает, что при реализации системы гарантирующего управления (СГУ) степенью нагрева ПЭД экструдера, его производительность может быть повышена до 30 % относительно варианта системы с регулированием тока этого ПЭД. При этом, одновременно, удельные затраты электроэнергии непосредственно только на процесс экструдирования снижаются на 5 %. Очень важно, что для изменяющихся текущих условий работы экструдера, СГУ сама, в реальном времени, определяет текущее допустимое значение степени загрузки экструдера, решая одновременно и задачу оптимизации процесса и задачу гарантирования соблюдения условий эксплуатации ПЭД экструдера. Применение в алгоритме регулирования тока нагрузки его прогнозирования на время запаздывания вперед самым существенным образом расширяет запас устойчивости этого контура регулирования, позволяя контуру эффективно работать не только с различными значениями u_3 , но, очевидно, и с различными видами сырья.

Литература

1. Хобин В.А., Егоров В.Б. Управление процессом экструдирования растительного сырья в условиях ограниченности ресурсов и неопределенностей // Сб. докл. II Всеукр. науч.-практ. конф. «Информационные технологии и автоматизация – 2009». – Одесса: ОНАПТ, 2009. – С. 30 – 31.
2. Хобин В.А., Егоров В.Б. Проблемы и концепция разработки эффективной САУ процессом экструдирования биополимеров // XVII Міжнарод. конф. з автомат. управління «Автоматика – 2010». Тез. доп. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – С. 303 – 305.
3. Рей У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 368 с.
4. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
5. Хобин В.А., Егоров В.Б. Проблемы математического описания процесса экструдирования биополимеров как объекта управления и технология их преодоления // Сб. докл. III Всеукр. науч.-практ. конф. «Информационные технологии и автоматизация – 2010». – Одесса: ОНАПТ, 2010. – С. 61 – 62.
6. Хобин В.А., Егоров В.Б. Имитационная математическая модель процесса экструдирования биополимеров как объекта управления // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2010. – Вип. 38. – Т. 1. – С. 386 – 399.
7. Кругликов В.К. Вероятностный машинный эксперимент в приборостроении. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1985. – 247 с.: ил.

8. Ажогин В.В., Згуровский М.З. Моделирование на цифровых, аналоговых и гибридных ЭВМ. – К.: Вищ. шк., 1983. – 280 с.
9. Хобин В.А., Егоров В.Б. Процесс экструдирования растительного сырья как объект управления: особенности, задачи управления, структура // Мат. XV міжнарод. конф. з автоматичного управління (Автоматика – 2008). – Одеса: ОНМА, 2008. – Мат. в 2-х т. – Т. 2. – С. 643 – 646.
10. Хобин В.А., Егоров В.Б. Концептуальна модель процесу екструдування рослинної сировини як об'єкта управління // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2009. – Вип. 36. – Т. 2. – С. 246 – 254.
11. Смит О.Дж.М. Автоматическое регулирование. – М.: Физматгиз, 1962. – 847 с.
12. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием: Пер. с польского. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
13. Хобин В.А. Перспективы применения автоматических систем прогнозируемого управления с переменной структурой в пищевой технологии // Сб. научн. тр. «Автоматизация на процесите в хранителновкусова промишленост». – г. Пловдив, НРБ, 1981. – С. 54 – 63.
14. Хилал М. Прогнозирование перегрева приводных электродвигателей в задачах управления нагрузкой технологического оборудования: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.07. – Одесса, 1996. – 147 с.
15. Хобин В.А. Системы гарантирующего управления технологическими агрегатами: основы теории, практика применения / Монография: Одесса: «ТЭС», 2008. – 304 с.

УДК 664.743.02:519.876.5

К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ НА СИТАХ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, профессор, Амбарцумянц Р.Р., инженер
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье изложен новый методологический подход к изучению процесса сепарирования частиц на поступательно движущихся ситах. Доказано, что существующий до настоящего времени метод не совсем корректен. Получены необходимые выражения, позволяющие определить значение ускорения сита при известной геометрии отверстий на сите. Предложен принцип определения диаметра отверстий на сите при заданном значении его ускорения.

In the article new methodological approach to the staying of the process of separation of particles on moving – forward sieves is describes. It is well – proved that the existing until present method is no quite correct. The necessary expressions are got allowed to define a minimum value of a sieve acceleration for being knocked over at the known geometry of holes a sieve. A new approach for the determination of diameter of holes on a set value of sieve acceleration is offered.

Ключевые слова: сито, сепарирование, ускорение, статическое равновесие, силы инерции, тяжести.

Для сепарирования сыпучих грузов в зерноперерабатывающей промышленности широко используют сита с отверстиями различной конфигурации, в частности, круглыми. Естественно положить, что форма и размеры отверстий оказывают существенное влияние на движение частиц и, следовательно, на производительность ситовых сепараторов. Для изучения динамики движения частиц определяющее значение имеет правильное определение значения усилий, действующих на частицу и предопределяющих ее движение. В работе [1] приведена расчетная модель взаимодействия частицы с ситом на горизонтальной плоскости (рис. 1,а) и под углом относительно горизонтали (рис. 1,б).

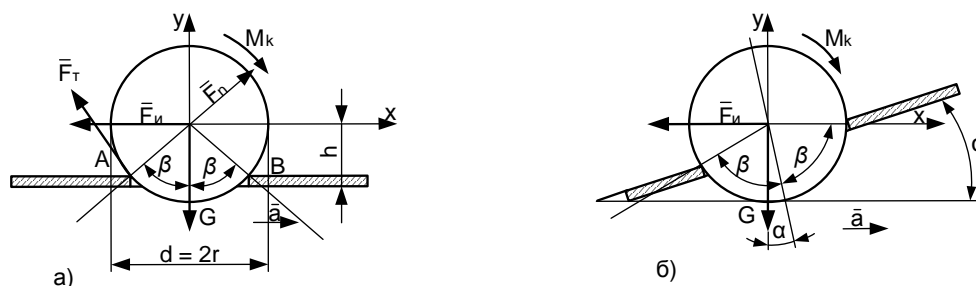


Рис. 1 – Расчетная модель взаимодействия частицы с отверстием сита в горизонтальной плоскости – а, под углом относительно горизонтали – б

Предполагается, что сита в обоих случаях имеет ускорение \bar{a} направо, угол заклинивания между нормальными плоскости сита и точек контакта частицы с ситом равняется β (рис.1). На частицу действуют силы: $G=mg$ – сила тяжести частицы, $F_u=ma$ сила инерции, $F_m=fF_n$ – сила трения скольжения, $M_k=kF_m$ – момент трения качения. Здесь f, k – коэффициенты трения скольжения и качения соответственно, а F_n – нормальное усилие между частицей и опорной поверхностью.

В работе [1] рассматривается момент опрокидывания частицы вокруг точки A в предположении, что в другой точке опоры частицы B сила трения отсутствует, т.е. предполагается, что в точке B нет опоры.

Сфера (предполагается, что в первом приближении зерна мало отличаются от сферы) может соприкасаться с отверстием если не в трех точках, то минимум в двух точках. В работе [1] для опрокидывающего момента получено выражение

$$F_u R \cos \beta \geq GR \sin \beta + M_k, \quad (1)$$

где R – радиус частицы, β – угол, определяющий направление нормального усилия F_n относительно нормали к плоскости сита.

Для определения нормальной силы F_n используется условие равновесия статики $\Sigma Y=0$ [2,3]. Имеем:

$$G - F_n^Y \cos \beta + F_m \sin \beta = 0 \text{ или } G - F_n^Y \cos \beta + fF_n^Y \sin \beta = 0. \text{ Отсюда}$$

$$F_n^Y = \frac{G}{\cos \beta - f \sin \beta} = \frac{mg}{\cos \beta - f \sin \beta}, \quad (2)$$

где F_n^Y – нормально усилие, найденное по уравнению $\Sigma Y=0$.

По нашему мнению расчетная модель и полученные на ее основе расчетные уравнения и, следовательно, выводы, не совсем корректны. Дело в том, что при принятых начальных условиях возникает однозначная векторная зависимость между силами, действующими на частицу, а именно $\bar{F}_n = \bar{G} + \bar{F}_u$. Это означает, что не зависимо от того, какое условие равновесия используется для определения реакции в точке A результат должен быть одинаковым.

Определим нормальное усилие в точке A используя условием равновесия статики $\Sigma X=0$. Имеем:

$$F_n^X \cos(90 - \beta) + F_m \cos \beta = F_u \text{ или } F_n^X \sin \beta + fF_n^X \cos \beta = ma. \text{ Отсюда}$$

$$F_n^X = \frac{mg}{f \cos \beta + \sin \beta}, \quad (3)$$

где F_n^X – нормально усилие, найденное по уравнению $\Sigma X=0$.

На основании (2), (3) для отношения сил F_n^Y, F_n^X получим

$$\frac{F_n^Y}{F_n^X} = \frac{mg}{\cos \beta - f \sin \beta} / \frac{mg}{f \cos \beta + \sin \beta} = \frac{g(f + \operatorname{tg} \beta)}{a(1 - f \operatorname{tg} \beta)}. \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что силы F_n^Y, F_n^X не равны между собой, т.к. данное отношение не может равняться единице. Значит, задача в такой постановке не определена и представленное в работе [1] решение не совсем корректно. Более того, если проанализировать выражение, полученное для определения ускорения сита, обеспечивающее опрокидывание частицы, то легко установить, что при угле β равного

$\operatorname{arg} \operatorname{tg} \frac{1}{f}$ сила инерции для опрокидывания частицы стремится к бесконечности, т.е. происходит заклинивание частицы в сите, что весьма спорно.

Такой результат можно объяснить тем, что в предложенной расчетной модели число уравнений статики больше, чем число неизвестных. Очевидно с начало необходимо было бы определить значение силы инерции частицы при котором реакция в точке B принимает нулевое значение, а затем определить полную реакция в опорной точке A при условии, что частица находится в статическом равновесии и сила трения в ней отсутствует. Определить полную реакцию с учетом сил трения, возникающей в точке в момент опрокидывания частицы, а затем ставить условие опрокидывания частицы.

Целью настоящей работы является предложение более точного методологического подхода определения ускорения сита для опрокидывания частицы по нему.

В принципе в пространственном изображении, учитывая неровности поверхности сепарируемых части, частица соприкасается с отверстием на ситах через три точки. Расположение этих точек может быть любым. В случае известности координат этих точек используя уравнения статики для пространственного

тела[3] и принимая во внимание, что на частицу действует система сходящих сил, можно определить опорные реакции и найти условие, обеспечивающее опрокидывание частицы.

Ввиду отсутствия какой либо информации о координатах точек контакта частицы с отверстием на сите решим поставленную задачу рассматривая плоскую модель частицы в предположении, что сито совершает поступательное перемещение с ускорением \bar{a} и контактируется с частицей в двух точках A и B (рис. 2).

Свяжем с центром тяжести O частицы прямоугольную систему координат YOX . Поскольку частица опирается на две точки и находится в статическом равновесии, то силы трения в них не возникают

Запишем уравнения равновесия $\Sigma Y=0, \Sigma X=0$, сил, действующих на частицу. Имеем:

$$-F_u + F_A \sin \beta + F_B \sin \beta = 0, \quad (5)$$

$$F_A \cos \beta + F_B \cos \beta - G = 0. \quad (6)$$

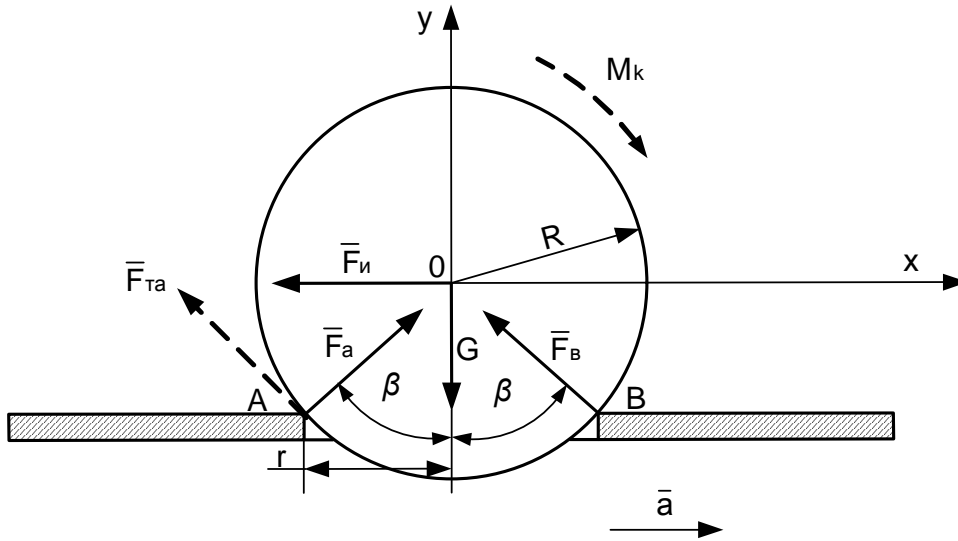


Рис. 2 – Расчетная модель частицы в статике с двумя точками контакта

Уравнения (5), (6) представим в виде:

$$F_A + F_B = \frac{F_u}{\cos \beta}, \quad (7)$$

$$F_A - F_B = \frac{F_u}{\sin \beta} \quad (8)$$

Решив совместно уравнения (7), (8) после преобразования находим:

$$F_A = \frac{G \sin \beta + F_u \cos \beta}{\sin 2\beta}. \quad (9)$$

$$F_B = \frac{G \sin \beta - F_u \cos \beta}{\sin 2\beta}. \quad (10)$$

Подставляя выражения (9) и (10) в уравнения (5), (6) легко убедиться в их тождественности.

Реакция $F_B=0$, если $G \sin \beta - F_u \cos \beta = 0$. Из последнего равенства получим $F_u = G \operatorname{tg} \beta$. Выражая силы инерции и тяжести через массу частицы и соответствующие ускорения для ускорения сита, при котором частица упирается только в одной точке, получим

$$a_{\min} = g \operatorname{tg} \beta. \quad (11)$$

В таком случае для опорной реакции в точке опрокидывания, принимая во внимание выражение (11), после несложных преобразований, находим

$$F_A = mg \frac{1}{\cos \beta}, \quad (12)$$

Следует отметить, что аналогичный результат можно получить, если принимать во внимание, что силы $\overline{F}_n, \overline{G}, \overline{F}_u$ образуют систему сходящих сил и их векторная сумма равна нулю.

Поскольку частица находится в начале опрокидывания, то в данный момент времени в точках опоры возникает сила трения и полная реакция в точке A равна

$$(F_A)_n = \sqrt{F_A^2 + F_{mA}^2} = \sqrt{1 + f^2} \frac{mg}{\cos \beta}. \quad (13)$$

Для опрокидывания частицы необходимо выполнение неравенства (рис.2)

$$(F_u)_{\min} R \cos \beta \geq mgR \sin \beta + M, \quad (14)$$

где $M = k(F_A)_n$ – момент трения качения в точке опоры A , k – плечо трения качения.

Выражение (14) с учетом предельного значения ускорения для опрокидывания и момента трения качения принимает вид

$$ma_{np}^* R \cos \beta \geq mgR \sin \beta + mgk \frac{1}{\cos \beta} \sqrt{1 + f^2}, \quad (15)$$

где a_{np}^* – предельного значения ускорения сита для опрокидывания частицы.

В таком случае, на основании уравнения (15) для предельного значения ускорения сита, после сложных преобразований, получим

$$a_{np}^* = g \left(\operatorname{tg} \beta + \frac{k}{R} \frac{\sqrt{1 + f^2}}{\cos^2 \beta} \right). \quad (16)$$

Из анализа зависимости (16) следует, что наиболее значимым, влияющим на ускорение опрокидывания является первая слагаемая данного выражения ввиду того что плечо трения качения значительно меньше радиуса частицы. Влияние второй слагаемой выражения (16) становится существенным, если обеспечивается неравенство $R \cos^2 \beta_{np} \leq k \sqrt{1 + f^2}$. Отсюда для предельного значения угла давления получим

$$\beta_{np} \leq \arccos \sqrt[4]{\left(\frac{k}{R}\right)^2 (1 + f^2)}. \quad (17)$$

Например, если отношение $\frac{k}{R} = 0,001$, а коэффициент трения $f = 0,3$, то угол заклинивания

$$\beta_{np} \leq 84^\circ 15'.$$

Выражение (16) удобнее представить через геометрические параметры сита и частицы. Из расчетной модели (см. рис.2) имеем:

$$\sin \beta = \frac{r}{R}, \quad \cos \beta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R}. \quad \text{Тогда } \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1}}. \quad \text{Принимая во внимание последние за-}$$

висимости, для предельного ускорения сита получим

$$a_{np}^* \geq g \left(\frac{r}{\sqrt{R^2 - r^2}} + \frac{kR \sqrt{1 + f^2}}{R^2 - r^2} \right). \quad (17)$$

Выражение (17) позволяет довольно легко решить обратную задачу, т.е. определить диаметр отверстий на сите, если задано ускорение опрокидывания a_s . Имеем $\frac{r}{\sqrt{R^2 - r^2}} + \frac{kR \sqrt{1 + f^2}}{R^2 - r^2} = \frac{a_{np}^*}{g}$. Преобразуя данное уравнение относительно неизвестного r , получим

$$Hr^4 + Dr^2 + E = 0, \quad (18)$$

где

$$\begin{aligned} H &= 1 + d^2; D = 2cd - R^2(1 + 2d^2); \\ E &= R^2(d^2R^2 - 2cd) - c; \\ c &= kR\sqrt{1 + f^2}; d = \frac{a_3}{g}. \end{aligned} \quad (19)$$

Наприклад, потрібно визначити значення r , якщо $a_3 = 4,5 \text{ м/с}^2$, $R = 10 \text{ мм}$, $k = 10 \text{ мкм}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Використовуючи вираження (19) знаходимо: $H = 1,2104056$; $D = 142,8281623$; $E = 2094,4892$. З рішення биквадратного рівняння знаходимо $r = \sqrt{17,1168} = 4,137 \text{ мм}$.

Аналіз отриманих вище виражень дозволяє заключити:

1. При вивченні процесу опрокидування частинки на ситі, що здійснює зворотне поступальне переміщення, необхідно ставити умову соприкосновения частинки в одній точці і отримати необхідні умови для цього.

2. При практичних розрахунках достатньо обмежуватися першим членом рівняння (17) і визначити прискорення опрокидування вираженням $a_{np}^* \geq g \frac{r}{R}$.

Література

1. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна /А. Я. Соколов, В. Ф. Журавлев, В. Ф. Душкин и др.; Под ред. А. Я. Соколова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 445с.
2. Основы теоретической механики /Н. А. Кильчевский, Н. И. Ремизова, Н. Н. Шепелевская. Под общ. Ред. Чл.-кор. АН УССР Н. А. Кильчевского. – Киев. Техника, 1968. – 260с
3. Артоболовский И.И. Теория механизмов – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит. 1988. – 640 с.

УДК 662.756.3

КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА РІПАКА З ОТРИМАННЯМ ОЛІЇ ТА БІОДИЗЕЛЮ

Бандура В.М., канд. техн. наук, доцент; Коляновська Л.М., аспірант
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Розглянуто особливості існуючої та перспективної технології отримання біодизельного палива. Проведено дослідження кінетики екстрагування жмиху та цілого зерна ріпака при різних температурах процесу та мікрохвильової обробки.

Features of existing and perspective technology of biodiesel fuel extraction have been considered. Researches of kinetics of rape oilcake and rape seeds at different process temperatures and microwave treatment are conducted.

Ключові слова: ріпак, жмих, біодизельне паливо, кінетика, екстрагування.

Вступ. У сучасних умовах при швидкому підвищенні цін на енергоносії особливо актуальною стає проблема енергозбереження у виробничій сфері підприємств. Подальше зростання вартості традиційного пального і зменшення його природних запасів спонукають людство до пошуку альтернативних відновлювальних джерел енергії, зокрема до використання біомаси як сировини для виготовлення пального.

Серед відновлювальних джерел енергії дедалі більшого розвитку набувають енергоносії біологічного походження або біопалива: біодизель, біоетанол, біогаз.

Світове виробництво насіння олійних культур становить майже 320 млн т на рік. У зв'язку зі створенням низькоерукових та низькоглікозинолатних сортів значно зросли обсяги виробництва ріпака, так, в Україні у 2008 році зібрано майже 3 млн т насіння ріпака, хоча у 2009 році – 1,84 млн т, а у 2010 році – 1,5 млн т, що свідчить про значне зниження урожайності культури [1].

Використання біомаси дозволяє вилучити енергію сонця, накопичену рослинами в процесі фотосинтезу, та використати її для забезпечення енергетичних потреб. Тому розробка технологій виробництва альтернативних видів палива з рослинної сировини, в т. ч. і з олійних культур (ріпака, соняшника та ін.) є актуальним завданням, на вирішення якого людству варто спрямовувати свої зусилля. Також не слід забувати, що олії, виділені з насіння плодів рослин, з доісторичних часів використовуються людиною.

Рослинні олії вживають безпосередньо в їжу, використовують у хлібопекарному, кондитерському виробництві, для виготовлення технічних продуктів, фармацевтичних препаратів, косметичних засобів. Білки олійних культур використовуються для підвищення біологічної цінності багатьох харчових продуктів, а продукти переробки насіння як складовий компонент комбікормів для тварин та для отримання біодизельного палива.

Традиційна технологія приготування біодизельного палива на основі рослинних олій широко впроваджується в усьому світі. За цією технологією проводиться переетерифікація олій метиловим спиртом при температурі (50-70) °С та атмосферному тиску в присутності лужних каталізаторів [2,3]. Для проведення процесу переетерифікації звичайно використовують ємнісне обладнання періодичної дії. Тривалість одного циклу одержання палива становить від 2 до 8 годин. У результаті переетерифікації отримують метилові ефіри жирних кислот (біодизель) та гліцеринову фракцію, що містить (45-50) % гліцерину, залишки метилового спирту, продукти омилення жирів та інші домішки. Для очистки гліцерину та утилізації відходів необхідні додаткові витрати, що підвищує собівартість отриманого біопалива.

На сьогоднішньому етапі розвитку економіки активно формуються нові вимоги до якості продукції. Це в повній мірі відноситься до харчових, мікробіологічних, фармацевтичних та хімічних виробництв і є причиною посиленої уваги до розробки сучасних технологічних процесів, у т. ч. процесу екстрагування.

Поряд із механічним і гідравлічним способами відомі електроімпульсні, магнітоімпульсні, лазерні (оптикоімпульсні), вакуумні, CO₂ методи інтенсифікації екстрагування з рослинної сировини, які мають свої переваги та недоліки.

На сучасному етапі розвитку науки і техніки заслуговують визнання потенційні можливості мікрохвильової технології, які можна застосовувати з метою більш повного видалення олії зі жмиху ріпака, що може йти як на харчові цілі, так і на виготовлення біодизельного пального. Одним із напрямів розвитку харчової індустрії є впровадження нових енергоефективних технологій у виробництво рослинних олій від зберігання сировини до виготовлення готової олії з метою зменшення сумарних енерговитрат.

Метою роботи є оцінка ефективності витрати енергоресурсів, впровадження елементів енергозберіжних технологій при переробці олійного насіння, вивчення механізму впливу мікрохвильового поля на процес екстрагування олій з ріпака (жмиху та цілого зерна).

У даний час перспективним науково-технічним напрямом є дослідження та розробка процесів і апаратів з енергетичною дією на гетерогенне середовище за рахунок мікрохвильового поля при екстрагуванні. Такі розробки базуються на нових теоретичних, експериментальних, інженерних рішеннях і дослідженнях фізико-хімічних процесів у середовищах, що обробляються.

У виробничих умовах процес екстрагування з рослинної сировини ведеться, як правило, з висушеного матеріалу. Це накладає певні особливості на механізм екстракції. Процес екстракції проходить у дві стадії: осмотичного набухання (замочування) клітини з розчиненням її вмісту (рух розчинника всередину клітини) і стадії екстрагування (транспортування макромолекул розчинених речовин із клітини через мембрани, пори і капіляри в об'єм розчинника).

Перспективним шляхом ефективно організації екстрагування є комбіновані процеси із залученням бародифузійних мікрохвильових технологій [4, 5].

За останні 10-20 років мікрохвильові технології, що ґрунтуються на використанні енергії змінного електромагнітного поля надвисокочастотного діапазону, широко використовуються в різних галузях промисловості.

Енергія мікрохвиль утворюється з електричної енергії, що переходить у мікрохвильову, завдяки генератору. Мікрохвилі нагрівають продукт.

Методика експериментального моделювання. Для визначення поставлених задач було використано експериментальний стенд (рис. 1), розроблений провідними фахівцями Одеської національної академії харчових технологій.

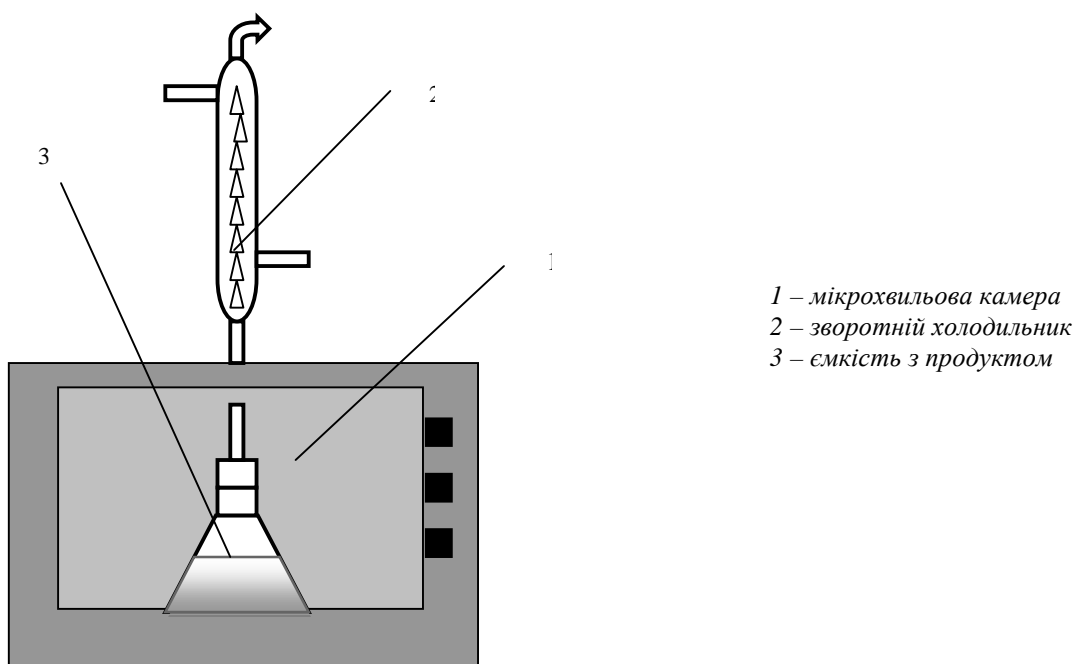


Рис.1 – Схема установки для екстрагування олії

Задачею експериментальних досліджень було визначення впливу електромагнітного поля на екстрагування ріпака сорту «Озимий» у порівнянні з кінетикою екстрагування при різних температурних режимах, з різними видами екстрагенту, розміром фракцій, характером сировини. Дослідження проводились при гідромодулі 1:3, який максимально сприяє добуванню цільового компонента.

Методика експериментального дослідження полягала в наступному. Подрібнений жмих з розчинником поміщали в скляну колбу і піддавали впливу електромагнітного поля. В процесі обробки температура реакційної маси зростає до (68-70) °С. Далі досліджували кінетику процесу.

Інтенсифікація процесу екстрагування мікрохвильовим полем відбувається шляхом підвищення тиску всередині капілярів рослинної сировини, з подальшою їх руйнацією та максимальним надходженням цільового компонента в екстрагент. Виникає бародифузійний потік, який сприяє значному скороченню часу процесу екстрагування і значному підвищенню вилучення із сировини цінних компонентів [6].

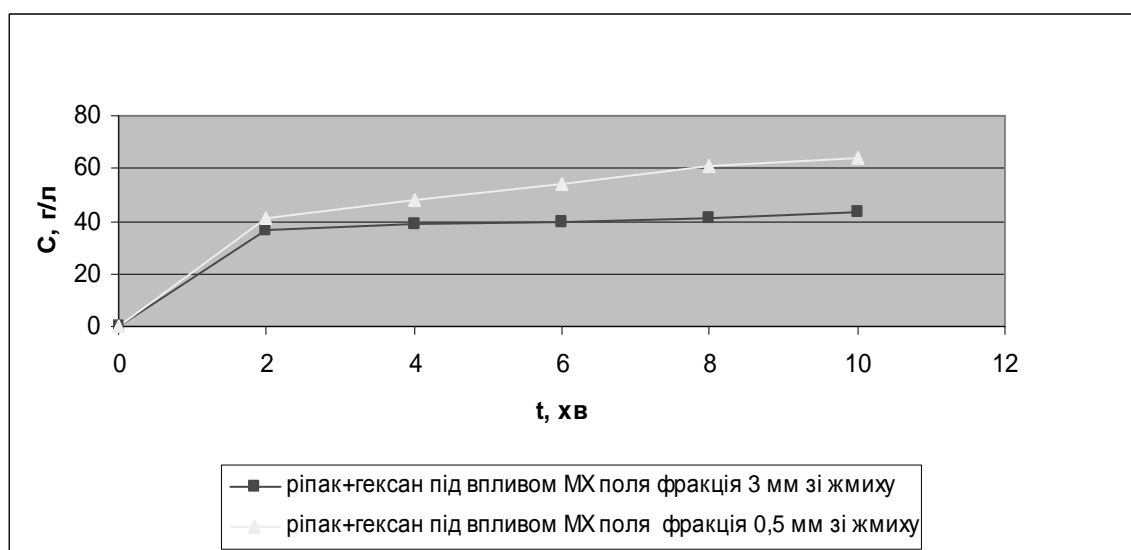


Рис. 2 – Залежність концентрації від часу під дією МХ поля екстрагування з сировини різної фракції

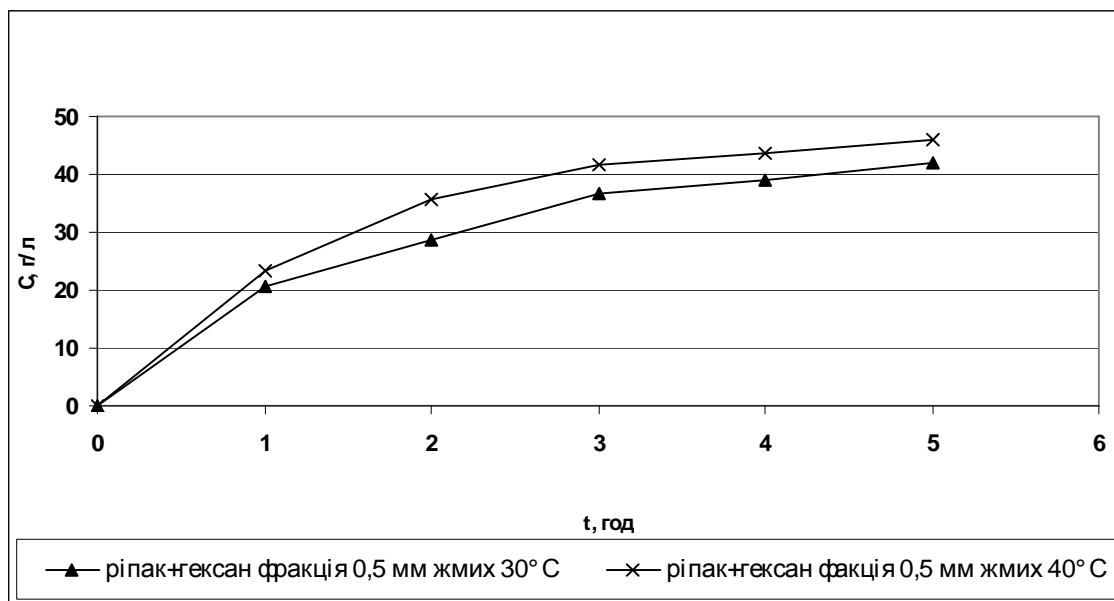


Рис. 3 – Залежність концентрації від часу під впливом різних температур

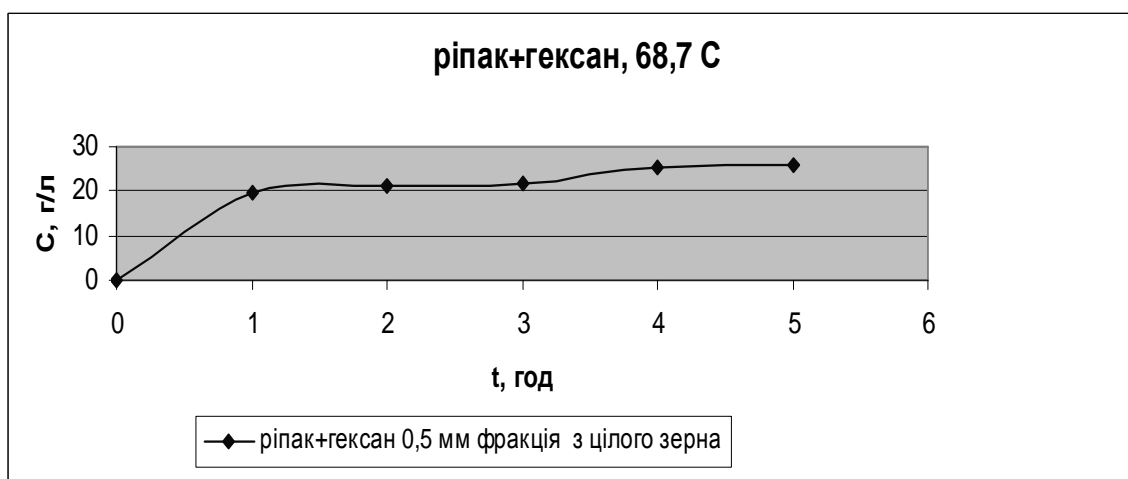


Рис. 4 – Залежність концентрації від часу при термостатуванні за температури 68,7 °С.

Аналіз показників рис. 2 та 3 показує, що вплив мікрохвильового поля на кінетику процесу екстрагування олії зі жмиху ріпака при температурі 40 °С зріс на 28 %, а при температурі 30 °С – на 34 %, з економією часу з 5 год на 10 хв, тобто на 97 % (!). Щодо екстрагування фракції з цілого зерна ріпака гексаном при постійній температурі то, як показують результати досліджень (рис. 4), концентрація значно менша, ніж при екстрагуванні жмиха ріпака (рис. 3).

Висновки. В результаті проведених досліджень можна зробити висновки про те, що поряд із класичними технологіями інтенсифікації процесу екстрагування, використання МХ-технологій є реальним і значно перспективним. На основі отриманих даних бачимо, що в процесі екстрагування полегшено вихід цільового компонента з вагогим збільшенням показника концентрації та значно зменшено час вилучення олії. Мікрохвильові технології – це потужний механізм інтенсифікації масоперенесення із твердого тіла, і переоцінити їх можливості, що відкриваються перед працівниками агропромислового комплексу, досить складно.

Література

1. Пешук Л.В., Носенко Т.Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 295 с.

2. Бандура В.М., Друкований М.Ф. Розвиток виробництва альтернативних відновлювальних видів енергії в світі / Матеріали науково-практичної конференції «Світова фінансово-економічна криза та шляхи її подолання в Україні», – Вінниця, 17-18 грудня 2009. – С.145-153.
3. Грабов Л.М., Шматок О.І., Базєєв Р.С. Вдосконалення процесів одержання альтернативних палив з рослинних олій та спиртів / Наукові праці Одеської нац. академії харчов. технологій. – Вип. 37 – 2010. – С. 248-251.
4. Бандура В.М. Перспективи комбінованих методів переробки олійних культур. / Зб.наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Вип. 8. Серія: Технічні науки – Вінниця, 2011. – С. 32-36.
5. Бошкова И.Л., Волдгушева Н.В., Тучный В.П. Совмещение микроволновой обработки с линией экстрагирования растительного масла / Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. Вып.7-8 – Одесса, 2009. – С. 45-48.
6. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе-вода» – Одесса, 2007. – 176 с.

РОЗДІЛ 4
**СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ
ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ХЛЕБОЗАВОДАХ

Шевченко З.И., канд. экон. наук, доцент, Чабаров В.А., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Исследуются вопросы управления качеством хлебобулочных изделий и предложены рекомендации по совершенствованию менеджмента качества на хлебозаводах

The questions of quality of wares of bakeries management are explored and created recommendation on perfection of management of quality on bread-baking plants

Ключевые слова: хлебопекарное предприятие, качество продукции, запросы потребителей, менеджмент качества, система менеджмента качества, мониторинг качества, политика качества

Управление качеством является одной из ключевых функций как корпоративного, так и проектного менеджмента, основным средством достижения и поддержания конкурентоспособности любого предприятия. Использование системы менеджмента качества в повседневной деятельности хлебопекарных предприятий является необходимым условием и средством его выживания и процветания. На многих хлебопекарных предприятиях Украины этим вопросам не уделяется должного внимания, что вызвало необходимость проведения исследований вопросов совершенствования менеджмента качества.

С целью формирования рекомендаций по совершенствованию менеджмента качества на хлебозаводах, была изучена деятельность передовых хлебопекарных предприятий. В Одесской области признанным лидером по производству хлебобулочных изделий является ОАО «Одесский каравай». Доля «Одесского каравая» на региональном рынке составляет около 50 %. В г. Одессе в объединение «Одесский каравай» входят хлебозаводы 2-й и 4-й, в Одесской области – Белгород-Днестровский и Котовский хлебозаводы, каждый из которых делает свой взнос в обеспечение населения этих городов свежим ароматным хлебом. Разнообразные районы города и области охвачены сетью фирменных магазинов объединения, у которых даже самый требовательный покупатель найдет что-то на свой вкус. Большая часть продукции распространяется оптовыми покупателями, это более 800 частных предпринимателей и организаций.

В ОАО «Одесский каравай» в настоящее время уделяется большое внимание вопросам управления качеством продукции. Возглавляет эту работу департамента технологического обеспечения и развития. В основном, работа этого департамента направлена на отслеживание стабильного качества продукции, соблюдение рецептур и технологических параметров всего ассортимента. Силами департамента также производится разработка новых более качественных видов продукции, позволяющих предприятию выйти на рынок с новым ассортиментом и удовлетворить вкусы различных слоев населения.

Качество оценивается только потребителем и поэтому должно быть поставлено в зависимость от его нужд и пожеланий. Не может быть качественным товар, который хотя и соответствует всем техническим требованиям и спецификациям, не нужен потребителю. Основа качества товара – это определение потребностей потребителя. Качество создается на всех стадиях производства. Стадии закупок, найма персонала, производства, хранения и доставки хлебобулочных изделий потребителю также пронизаны требованиями к качеству. На каждой стадии существуют свои методы достижения высоких качественных характеристик.

Качество хлебобулочной продукции во многом зависит от качества поступающего сырья, поэтому на предприятиях объединения этому вопросу уделяется большое внимание. Специалистами комплексной производственной лаборатории в 2010 г. было составлено около 20 актов о несоответствии качества муки требованиям и возвращено поставщику-производителю около 80 т муки. Мука поступает на хлебозаводы объединения в основном от 7 поставщиков. Хорошими хлебопекарными свойствами и стабильностью качества отличается мука пшеничная от поставщиков ДП ГАК Хлеб Украины «Кулиндоровский КХП», ОАО «Симферопольский КХП» и ООО «Протос-хлеб». Следовательно, для обеспечения высокого качества своей продукции ОАО «Одесский каравай» работает с предприятиями-поставщиками, способными поставить наиболее качественное сырье по наиболее низким на рынке ценам. Поэтому следует заключать долгосрочные договора с предприятиями-лидерами на рынке муки.

Продолжается работа по централизации поставок изделий хлебозавода, что позволяет отследить остатки сырья и материалов, динамику цен на них и провести нормирование этих показателей. В свою очередь контроль за соблюдением нормативов на остатки позволил уменьшить кредиторскую задолженность и высвободить оборотные средства в сумме 300 тыс.грн.

Управление качеством продукции направлено также на анализ причин брака в течение суток, отработке технологических параметров совместно с бригадами и выдаче рекомендаций производству по их соблюдению. Также для сохранения свежести изделий пересматриваются графики производства продукции, соблюдение времени остывания и упаковки. За год проверяется соблюдение норм выходов по 30-40 наименованиям продукции и составляются акты подтверждения. Примерно в половине случаев были изменены нормы выходов в большую сторону.

В результате анализа выявлены причины производственного брака на всех предприятиях объединения, по головному предприятию результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ причин производственного брака на хлебозаводе № 4

Причины брака	1 кв. 2011г.		1 кв. 2010г.		Отклонение	
	т	%	т	%	т	%
По вине персонала	12,68	0,13	18,44	0,18	5,76	0,05
По техническим причинам	4,0	0,04	3,66	0,04	0,34	0
Корректировки заказа и испытания	4,04	0,04	4,26	0,04	0,22	0

Как видно, производственный брак в основном происходит по вине персонала и после принятых мер в этом году немного сократился. Для обеспечения торговли продукцией стабильного качества специалисты технологического департамента распределены по направлениям. Кроме основных функций они ведут контроль технологического процесса, анализ причин брака с последующей выдачей рекомендаций по его устранению.

На ОАО «Одесский каравай» творческая работа отдела перспективного развития и отдела главного технолога направлена на разработку нового ассортиментного ряда разных групп хлебобулочных изделий. В том числе рассматривались актуальные вопросы создания функциональных продуктов питания с внесением биологически активных добавок. На все новые виды своевременно разработаны новые нормативные документы и внесены изменения в действующие НД. Продолжаются поиски наиболее эффективных добавок, обеспечивающих микробиологическую безопасность хлебобулочных изделий. Подбираются начинки по вкусовым качествам с приемлемой стоимостью. При внедрении новых видов продукции в течение месяца их сопровождает отдел перспективного развития и контролирует качество готовой продукции, которая поступает в реализацию. По окончании этого срока эти функции выполняют заместители начальников смен и контрольно-производственная лаборатория.

Из забракованного торговой сетью количества продукции в 70 % случаев причиной возврата оказалась несоответствие требованиям органолептических показателей, а 25 % - свежесть продукции. Для предотвращения возврата хлебобулочных изделий внедрен акт передачи готовой продукции в экспедицию с отметкой о качестве, который гарантирует отгрузку качественной продукции.

Важную роль в процессе ценообразования имеет анализ цен и качества товаров конкурентов. «Одесский каравай» силами отдела маркетинга проводит сравнительные закупки, чтоб сравнить цены и качество товаров, проводит последующий лабораторный анализ. Хлебозавод при расчете цен исходит из качества своих товаров, формируя при этом в сознании потребителя представления о стабильном лидере в хлебопекарной отрасли, который способен продавать лучшие товары по умеренным ценам. Работники департамента технологического обеспечения и развития проводят учебу с начальниками смен и заместителями начальников смен по вопросам санитарии и применению «Инструкции по предупреждению попадания посторонних предметов в продукцию».

С целью совершенствования менеджмента качества на хлебопекарных предприятиях необходимо использовать стандарт ISO 9001:2000. Для внедрения требований этого стандарта первоначально необходимо разработать комплексный план реализации системы менеджмента качества, в который целесообразно занести совокупность мероприятий, связанных с разработкой и внедрением документов системы менеджмента качества (политики качества и процедур системы менеджмента качества, их информационное согласование, ознакомление с ними персонала, утверждение, тиражирование и внедрение документов). Такой комплексный план позволит реализовать политику качества в практической деятельности с наименьшими затратами.

Политика качества, это основные направления и цели организации, связанные с качеством, официально сформулированные высшим руководством. Политика качества должна согласовываться с общей политикой и целями предприятия. При разработке политики в области качества следует учитывать следующее:

- потребности заказчика-потребителя;
- непрерывность улучшение качества хлебобулочной продукции и процессов ее создания;
- совершенствование методов и средств измерения и оценивания показателей качества продукции и ключевых процессов;
- поддержание положительного образа предприятия в области качества.

Руководители подразделений хлебопекарных предприятий должны ознакомить своих подчиненных и разъяснить им принятую политику качества, основные положения по достижению необходимого качества, определить задачи, которые стоят перед подразделением в целом и перед каждым конкретным работником. Предлагаем политику качества оформить наглядно и разместить на специальном стенде, можно раздать работникам открытки с описанием политики качества предприятия. Для определения степени ознакомления с политикой в сфере качества провести тестирование.

На основе разработанной политики предлагаются следующие задания в области качества для хлебопекарных предприятий:

- четко определить потребности потребителя относительно качества; своевременно обеспечивать заказчиков высококачественной продукцией;
- разработать предупредительные и контрольные мероприятия с целью избежания неудовлетворения потребителя; снизить уровень дефектности в процессе производства хлеба и хлебобулочных изделий и обеспечить отсутствие жалоб потребителей;
- оптимизировать расходы на обеспечение надлежащего уровня качества;
- постоянно анализировать требования к хлебобулочным изделиям и достигнутому уровню с целью выявления резервов повышения их качества;
- предупредить негативные влияния на общество и окружающую среду в результате деятельности хлебопекарного предприятия;
- улучшить характеристики продукции в результате использования системы менеджмента качества;
- создать стойкий образ надежного партнера для долгосрочного сотрудничества с заказчиками;
- улучшить условия работы сотрудников и создать привлекательные условия для их профессионального и служебного роста.

Для эффективного функционирования системы менеджмента качества руководству необходимо постоянно осуществлять анализ, который направлен на установление пригодности, адекватности, результативности и эффективности системы менеджмента качества для достижения целей в области качества и политики качества предприятия. По мере достижения установленные цели и задачи системы менеджмента качества должны пересматриваться.

Разработанные нами рекомендации по совершенствованию системы менеджмента качества на хлебопекарных предприятиях предполагают внедрение следующих мероприятий:

- в организационную структуру управления хлебопекарным предприятием ввести должность ответственного за менеджмент качества (менеджера по качеству);
- внедрить мониторинг качества;
- проводить «Дни качества»;
- внедрить систему обратной связи с потребителями.

В системе менеджмента качества каждый процесс документируется. Разработанные должностные инструкции регламентируют деятельность руководителя каждого уровня в них отражены основные задачи, права, обязанности, ответственность менеджера. Роль менеджера по качеству является ведущей в разработке и организации мероприятий по совершенствованию системы менеджмента качества на предприятии. После сбора, обработки и обобщения необходимой информации менеджер по качеству должен подготовить проект протокола по анализу системы менеджмента качества со стороны руководства и передать его на рассмотрение директору. Директор рассматривает и обсуждает предложенный проект документа вместе со своими заместителями. При необходимости в проект вносят изменения, после чего его утверждает директор.

По нашему мнению, в первую очередь, на хлебопекарных предприятиях необходимо применять мониторинг качества. Мониторинг – это совокупность операций, которые предоставляют возможность постоянно следить за параметрами процесса производства и поддерживать их на должном уровне. Математическая статистика располагает огромным количеством различных методов. Из всего множества японские ученые отобрали семь методов, которые получили название семь инструментов контроля качества. К ним относятся следующие методы: контрольный листок; гистограмма; диаграмма разброса; стратификация; диаграмма Парето; диаграмма Исикавы; контрольная карта. Основное назначение семи инструментов контроля качества продукции – контроль протекающего процесса и предоставление участнику процесса фактов для своевременной корректировки и улучшения процесса. Последовательность применения

семи методов может быть различной в зависимости от цели, которая поставлена перед системой менеджмента качества.

«Дни качества» предлагаем проводить один раз в месяц под руководством заместителя директора по производству. На заседание должны быть приглашены главные специалисты, начальники цехов, отделов и служб, их заместители и лица, ответственные за выполнение вопросов, рассматриваемых на заседании. Порядок запланированного заседания готовится менеджером по качеству за неделю и утверждается заместителем директора по производству. О порядке проведения «Дня качества» информируются все ответственные лица.

Для того, чтобы определить направления развития системы менеджмента качества нужно установить, как и на сколько мы удовлетворяем клиентов и соответственно, каким образом собираемся улучшить удовлетворенность потребителя. Отсутствие информации от потребителей, может привести к тому, что предприятие будет ориентировано на производство продукции невостребованной потребителями, которая приведет к понижению конкурентоспособности предприятия. Для сбора информации предлагаем установить систему обратной связи с потребителями. Полученная от потребителей информация будет использована для разработки новых рецептов, дифференцирования изготавливаемой хлебобулочной продукции, расширения ассортимента, привлечения новых сегментов рынка, а в целом повышает конкурентоспособность предприятия. Обратная связь используется для получения информации о состоянии потребительского рынка, о пожеланиях, предложениях, жалобах на изготавливаемую продукцию.

Для получения такой информации предлагается:

- создать бесплатную „горячую линию” по которой потребители смогут выразить пожелания, мысли, жалобы, предложения о продукции предприятия. Информацию о „горячей телефонной линии” необходимо разместить на упаковке продукции и предложить потребителям обращаться по всем вопросам качества;
- создать Интернет-сайта с детальным описанием продукции и привлечением потребителей к обсуждению новинок производства и улучшения имеющейся продукции;
- провести конкурсы рецептов с премированием активных участников обсуждения;
- наладить „обратную связь” с оптовыми и мелкооптовыми компаниями, которые реализуют продукцию, с целью выяснения вопросов улучшения качества поставок, своевременности, удобства транспортировки и складирования.

Полученную информацию необходимо проанализировать и внести необходимые изменения в организацию заказов и поставок продукции. Наличие „обратной связи” позволит хлебозаводу получить достоверную информацию о потребностях рынка, пожеланиях и предложениях потребителей, учесть негативные отзывы с целью улучшения качественных характеристик хлебобулочной продукции. Внедрение принципа обратной связи на предприятии позволит ориентировать хлебозавод на производство продукции с такими потребительскими характеристиками, которые хочет получать потребитель, и покупать продукцию, потребительские качества которой будут удовлетворять его потребности.

Для долгосрочного успеха предприятие должно находить новые возможности для своего развития и система менеджмента качества является основой и залогом его прибыльной работы.

Выводы

Проведены исследования организации менеджмента качества на хлебозаводах, разработаны рекомендации по совершенствованию системы менеджмента качества, что позволит находить новые возможности развития и обеспечить долгосрочный успех деятельности хлебозаводов.

Литература

1. Богатирьев А.М., Кузнецова И.О., Чабарова З.И. Основы підприємництва в харчовій промисловості: Навч. посібн. – Одеса, Аспект 2004. – с. 384
2. Никсон Ф. Роль руководства предприятия в обеспечении качества и надежности: Пер. с англ. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 230с.
3. Шаповал М.І. Менеджмент якості: Підручник. – К.: Знання, 2006. – 471с.
4. Швец В.Е. “Менеджмент качества” в системе современного менеджмента. Стандарты и качество, 2004, №6, с.48.

ЕКОНОМІЧНИЙ ЗМІСТ ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ВІТЧИЗНЯНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Мороз О.В., д-р екон. наук, професор, Карачина Н.П., канд. екон. наук, доцент,
Сташко І.В., здобувач
Вінницький національний аграрний університет

Обґрунтовано принципи управління якістю на сучасному етапі розвитку сільськогосподарських підприємств. Розглянуто організаційні, економічні та технологічні фактори підвищення ефективності управління якістю зерна.

Represented principles of quality management on the modern stage of development of agricultural enterprises. The organizational, economic and technological factors of increase of efficiency of quality management of corn are considered.

Ключові слова: якість, управління якістю, сільськогосподарська продукція, підприємство, ефективність.

Досвід останніх років розвитку сільськогосподарського виробництва на ринкових засадах яскраво свідчить, що в економічних умовах України зростання виробництва продукції для товаровиробника не є гарантією благополуччя. Українськими вченими-економістами, такими як В.Амбросов, В. Геєць, М. Дем'яненко, В. Месель-Веселяк, Б. Пасхавер, П. Саблук, В. Юрчишин та ін. підкреслено, що спроби поліпшити економічне становище аграрних підприємств через збільшення виробництва продукції мають здебільшого наслідком вилучення капіталу до суміжних галузей (в кращому випадку) або безпосередньо до нематеріальної сфери. Таким чином, кількісні параметри зростання безпосередньо для аграрного виробництва потребують заміни якісними. До останніх правомірно віднести стратегію зростання підприємств на основі підвищення якості загалом, якості продукції, зростання ефективності управління якістю, тобто тих аспектів, які вже тривалий період асоціюються із теорією якості.

Фактор якості вже традиційно розглядається [1-4] як детермінантний у забезпеченні економічно обґрунтованого розвитку підприємств. Однак загальновідомими є факти істотно нижчого рівня якості продукції вітчизняного АПК, причому, як вважається [5], реальний стан щодо якості є значно гірший за офіційні дані. Саме тому обґрунтування шляхів вирішення зазначеної проблеми є актуальним для України. Економічний аспект цього обумовлений тим, що вирішення задач управління передбачає пошук компромісу між якістю і ціною (витратами) управління, де витрати завжди залишатимуться обмежувальним фактором. Практичний досвід окремих українських підприємств, задіяних в аграрному бізнесі, свідчить про можливість окупності витрат на якість [6], проте це радше є винятками з загального правила.

Літературні наукові джерела дають підстави означити спектр проблемних питань при реалізації теорії якості в аграрному секторі України, тобто, враховуючи стан і особливості останнього. Значна кількість дослідників пов'язує проблему якості продукції, у т.ч. сільськогосподарської, у контексті співвідношення «ціна – якість» [5, 7-9]; за деякими даними [10-11], для досягнення конкурентоспроможності необхідно, щоб витрати на якість сировини становили не менше 15-20 % сукупних витрат. Підкреслюється [12-14] те, що ринок не здатний вирішити самотужки проблему якості і фактор державного регулювання (регламентації) традиційно залишається важливим. Водночас вирішення проблеми якості вітчизняної сільськогосподарської продукції, як вважається [15], є комплексним питанням, яке охоплює всю систему можливих факторів впливу, таких як технології [16], стандарти [17-18].

Проблеми управління якістю в Україні яскраво видно на прикладі виробництва зерна. Виробництво даної продукції визначає, по суті, конкурентоспроможність всієї галузі. Однак, слід відзначити, що і реальна ситуація, і наукове обґрунтування ефективності управління якістю зерна залишається поки що предметом поодиноких досліджень. Так, у роботах Євчука Л. [19] фокусовано увагу на тому, що в вітчизняних системах управління якістю і досі залишається ряд факторів, сутність і значущість яких діагностовано недостатньо. До таких, автором було віднесено незадовільний менеджмент та небажання керівників змінювати підходи до роботи; проблемою означено і те, що в Україні контроль здійснюється за кінцевим продуктом, тоді як у світі – за сировиною і безпекою технологій виробництва. Зазначено [20], що основною причиною низької якості є порушення технологій вирощування зернових культур, усунення держави від регулювання якості зерна. негативна роль агентів ринку зерна, які по суті провокують низькоякісні врожаї, стимулюючи внутрішній попит на низькоякісне зерно.

Метою статі є дослідження стану існуючої системи управління якістю в сільськогосподарських підприємствах, причин низької якості продукції, організаційно-економічних шляхів вирішення проблеми (на прикладі виробництва зерна сільськогосподарськими підприємствами Хмельницького району Вінницької області) з урахуванням особливостей вітчизняного аграрного виробництва та досвіду функціонування галузі на постприватизаційному етапі.

Результати досліджень. Аналізування проблеми низької якості сільськогосподарської продукції потребує чіткого уявлення про склад суб'єктів підприємницької діяльності, що складають сучасний вітчизняний аграрний ринок. Саме тому аналіз проблеми повинен здійснюватися за диференційованого підходу до групування підприємств – об'єктів дослідження. Як свідчить практика, на сьогодні у вітчизняному АПК отримали поширення декілька типів сільськогосподарського виробництва: 1) сільськогосподарські підприємства колективних форм організації виробництва; 2) фермерсько-селянські господарства; 3) господарства індустріального типу на орендній основі (потужні агрокорпорації). Дослідження показали, що система управління виробництвом у цілому, а також управління якістю зокрема у таких підприємствах істотно відрізняються, що логічно такий наслідком, як істотні відмінності щодо якості сільськогосподарської продукції, як приклад, доцільно привести численні публікації з висвітлення проблеми якості молока в Україні. Звідси суть проблеми недостатньої якості, а також перспективи її вирішення об'єктивно будуть різними. Нами досліджувалася ефективність управління якістю зерна на прикладі господарств Хмельницького району Вінницької обл.

Виробництво зерна залишається провідною галуззю сільськогосподарського виробництва у зоні центрального Лісостепу. Як правило, провідною тенденцією останніх десятиліть стало саме зростання виробництва зерна за одночасного згортання цілого ряду інших галузей – тваринництва, виробництва цукрових буряків і т.д. Водночас проблема низької якості зерна в Україні загострюється в останні роки, що, враховуючи інтерес виробників до цієї галуззі в цілому, виглядає до певної міри парадоксальним.

Рентабельність виробництва зерна у сільськогосподарських підприємствах регіону складало в останні роки в межах 8-19 %, причому у майже 80 % господарств (або до 70 % площі сільгоспугідь району) цей показник не перевищував 5 %. При цьому частка зерна вищої якості впродовж останніх десятиліть усталено зменшувалася, незважаючи на зростання діапазону цін на зерно різного класу.

Лише в одному господарстві Хмельницького району – Хмельницькому відділенні ХПП «Миронівське» (с. Великомитники, колишній колгосп ім. Мічурина) – було досягнуто відносно високого рівня якості зерна, де 90 % становило зерно 3 класу, а рентабельність зернового господарства коливалася (залежно від культур) від 25 до 47 %. Основним фактором таких високих показників стало, як показали дослідження, ретельне дотримання відповідних технологій, у т.ч. поетапна регламентація окремих технологічних прийомів, де, зокрема, регламентувалося не лише використання традиційних засобів хімізації, але й добрив, що містять необхідний перелік і вміст мікроелементів.

Використання методу оптимізації зернового господарства регіону за співвідношенням факторів потенційного зростання якості зерна, структури посівних площ та необхідної кількості ресурсів (на основі технологічних карт Хмельницькому відділенні ХПП «Миронівське») засвідчило, що резерви зростання якості зерна (за ціновими паритетами 2010 р.) дозволять підвищити рентабельність галузі на 50-170 % залежно від сільськогосподарської культури.

Використовуючи підходи до структуризації витрат, пов'язаних із забезпеченням та підтриманням якості продукції, нами такі резерви були віднесені до статті «втрат від недостатньої якості». На думку автора, будь-які оптимізаційні заходи повинні здійснюватися з розрахунку щодо даної статті втрат (витрат).

Слід відзначити, що такі втрати і, відповідно, резерви покращення ситуації, знаходилися у безпосередній залежності від типу сільськогосподарського підприємства. Так, найменш ефективною була система управління якістю в традиційних колективних сільськогосподарських підприємствах, дещо вищою – у фермерських господарствах, тоді як найвищою – у потужних підприємствах холдингового типу. У табл. 1 наведено дані щодо оцінювання таких втрат у різних за організаційно-правовими засадами типах підприємств. Такі втрати визначалися, виходячи з фактичного і потенційно можливого стану щодо якості продукції (тобто за різницею між фактичним та можливим доходами за даними на 2010 р.), а також на основі експертних опитувань фахівців і керівників підприємств щодо можливості підвищити якість зерна та необхідних витрат при цьому.

Результати аналізу засвідчили, що існуюча у колишньому СРСР система насінництва та відповідної системи контролю, яка і у ті часи мала досить помірну ефективність, в даний час фактично зруйнована. Сьогодні ж на практиці все більшого поширення отримують 2 варіанти організації управління якістю зерна: практично повна його відсутність як системи у низькоприбуткових сільськогосподарських підприємствах та широке використання досить сучасних технологій потужними агрокорпораціями, де в межах таких технологій закладено потужні механізми досягнення та захисту якості продукції. Як засвідчили

результати наших досліджень, при цьому виникає ряд питань, які потребують наукового вирішення стосовно обох варіантів:

1) виявити причини низької якості продукції у низькоприбуткових підприємствах та обґрунтувати – навіть за несприятливих економічних умов – шляхи її підвищення (так би мовити, компромісний варіант оптимального розподілу ресурсів за умов критичної недостатності останніх);

2) навіть у потужних агрокорпораціях, за нашими спостереженнями, витрати на якість мають явно недостатню окупність, що може бути пояснене, в числі інших чинників, очевидно, соціальними дисфункціями діяльності організацій такого типу – недостатньою фаховістю та вмотивованості менеджмент та неефективною системою контролю.

Таблиця 1– Втрати від недостатньої якості зерна у сільськогосподарських підприємствах Хмельницького району Вінницької обл. (за оцінками по відношенню до якості зерна у 2010 р.)

Категорія господарств	грн. на 1 га посівів
I – сільськогосподарські підприємства колективних форм організації виробництва	530-780
II – фермерські господарства	250-410
III – господарства індустріального типу на орендній основі	210-320

• - за результатами авторських досліджень

Вітчизняний досвід у сфері управління якістю вже у пострадянському періоді слід аналізувати передусім у руслі кризових за своєю природою соціально-економічних трансформацій періоду 90-х років, коли українські сільськогосподарські підприємства вимушені були пережити кризи мотивацій, погіршення економічно-промислової бази, неефективних управлінських принципах. Кризовий соціально-економічний стан значної частини підприємств АПК сьогодні лише підтверджує правомірність постановки проблеми. Проблема, на нашу думку, полягає передусім у неспроможності освоїти нові організаційні принципи управління якістю. Іншими словами, керівники підприємств, як правило, не розглядають проблему якості через існування низки більш актуальних (на їх думку) проблем, ігноруючи потенціал зростання за рахунок економічного ефекту вищої якості і обмежуючи тим самим розвиток власних підприємств. Як загальний аспект проблеми слід підкреслити значення досить незвичної для вітчизняного сільськогосподарства ситуації – тенденції перевиробництва, що лише загострює проблему у даний час.

Важливе значення має аналіз проблеми стабілізації (становлення) корпоративної організації управління якістю. Очевидно, слід визнати, що ідеї, поняття кооперації і спільноти або інститути, побудовані на правилах взаємодій, ускладнюють умови досягнення ефективності розподілу ресурсів. У цих умовах ринкові механізми, як свідчить досвід, є не єдиним і не основним фактором формування ефективної системи управління якістю. Більше того, можна стверджувати, що у цілому ряді випадків саме ринкові механізми відігравали дестабілізуючу роль. Звідси, на рівні підприємства не цінова конкуренція, а конкуренція з боку нових технологій забезпечення якості в межах загальної конкуренції з боку нових технологій, товарів, організації – повинні розглядатися як основні умови економічної задачі до оптимізації.

Слід особливо підкреслити значення фактора «інноваційності» для забезпечення ефективності управління якістю. Інновація для підприємства, орієнтованого на позитивний розвиток, є одним з радикальних структурних елементів постійного характеру, де інновації – це не різкі зміни, а накопичення збалансованих взаємних змін продукту виробництва та організації. Це обумовлює виключно важливе значення явища – навчання підприємства, яке не може асоціюватися із одноразовим придбанням навіть самої ефективної технології, а являє собою тривалий, копіткий шлях соціального процесу, який потребує постійного і всеохоплюючого перегляду виробничої практики і включає взаємодію людей, які зайняті функціонально різними видами діяльності.

Висновки. Для вітчизняних сільськогосподарських підприємств, зокрема, галузі виробництва зерна, проблема низької якості продукції може бути віднесена до пріоритетних. Наявними залишаються потужні резерви для зростання якості зерна, а також можливості підвищення на цій основі економічних показників підприємств. Управління якістю у підприємствах повинно здійснюватися одночасно в організаційному, економічному, технологічному напрямках. Все це являє собою вихідні умови для постановки задачі розроблення моделі управління якістю (зерна) з врахуванням особливостей вітчизняного аграрного виробництва та досвіду функціонування галузі на постприватизаційному етапі. Вирішення проблеми може бути здійсненим на основі оптимізації як економічних, так і соціальних функцій діяльності підприємства. Концептуальне вирішення проблеми вимагає створення дієвої організаційної моделі управління якістю на рівні окремого підприємства. Подібна модель передбачає в якості першооснови створення відповідної виробничо-орієнтованої стратегії на загальне покращення методів виробництва, продукції і організації

виробничих процесів, їх постійне удосконалення. У свою чергу детермінантними факторами підвищення ефективності управління якістю є: 1) розроблення та реалізація ефективної та відповідно цілеспрямованої стратегії розвитку підприємства; 2) рівень корпоративної культури саме з огляду на роль мотивів/цінностей щодо усталеного зростання якості; 3) організація виробничих процесів, що включає в себе також техніко-технологічні аспекти вирішення проблеми. Саме ці аспекти обумовлюють і напрями подальших досліджень.

Література

1. Ганаба М.Д. Якість як основний критерій виробництва конкурентоспроможної продукції // Економіка АПК. – № 9. – 2006. – С.108-112.
2. Трокоз В.М. Формування національної системи моніторингу якості морозива// Агроінком. – № 11-12. – 2007. – С.20-22.
3. Процюк Н.І. Аналіз факторів впливу на якість молока. Економіка АПК. – №9. – 2006. – С.114-116.
4. Радько В.І. Управління якістю молока в підвищенні економічної ефективності молока продуктового підкомплексу // Економіка АПК. – № 8. – 2006. – С.138-140.
5. Євчук Л.А. Якість молока у забезпеченні конкурентоспроможності аграрних підприємств // Економіка АПК. – № 2. – 2008. – С.43-46.
6. Процюк Н.І. Аналіз факторів впливу на якість молока. Економіка АПК. – № 9. – 2006. – С.114-116.
7. Гребнев Е.Т., Кандрашина Е.А., Хайнце Х., Бабенков Д.Н. Процессно-ориентированное управление // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 1. – С.14-21.
8. Орлов П. Економічні аспекти впровадження систем менеджменту якості на промислових підприємствах // Економіка України. – № 2. – 2008. – С. 17-26.
9. Федорчук Н.В. Ціни, якість та ефективність овочевої продукції в регіоні // Економіка АПК. – № 2. – 2005. – С.76-80.
10. Кіщак І.Т. Підвищення якості та конкурентоспроможності виробництва комбікормів // Економіка АПК. – № 12. – 2003. – С.94-97.
11. Легеза Д.Г. Проблеми якості та конкурентоспроможності плодової продукції // Економіка АПК. – № 4. – 2002. – С.50-52.
12. Бабич О.М. Економічні проблеми підвищення якості молочної продукції // Економіка АПК. – № 1. – 2004. – С.101-106.
13. Харченко Т.Б. Роль держави у забезпеченні якості продукції українських товаровиробників // Економіка АПК. – № 1. – 2004. – С.64-69.
14. Кучер М.І., Шевченко В.І. Забезпечення якості зерно продуктів в Канаді // Економіка АПК. – № 5. – 2003. – С.133-135.
15. Кулик А.А. Якість як передумова конкурентоспроможності виробництва готової продукції // Економіка АПК. – № 8. – 2006. – С.114-120.
16. Ратошнюк Т.М., Николик О.М., Сітнікова Т.Ю. Управління якістю як засіб зниження ризикованості галузі хмелярства // Економіка АПК. – № 9. – 2008. – С.103-105.
17. Гапоненко Т.М. Міжнародний досвід впровадження систем управління якістю продовольчої продукції // Економіка АПК. – № 12. – 2009. – С.88-92.
18. Сіднева Ж.К. Особливості управління якістю та безпечністю продукції в харчовій промисловості // Економіка АПК. – № 9. – 2007. – С.115-119.
19. Євчук Л.А. До проблеми підвищення якості продукції аграрних підприємств // Агроінком. – № 9-10. – 2007. – С.8-12.
20. Євчук Л.А. Якість продукції як похідний фактор балансу попиту і пропозиції на зерновому ринку // Агроінком. – № 7-8. – 2007. – С.3-8.

УДК 338.43:636.085 (477)

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗЕРНОФУРАЖНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

Материнська О.А., аспірант ННЦ «Інститут землеробства УААН»
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Проаналізовано обсяги і структуру посівних площ та валових зборів зернових культур. Зокрема, зосереджено увагу на розвитку зернофуражної галузі і таких ключових культурах, як ячмінь ярий і кукурудза на зерно. Визначено перспективи подальшого розвитку вітчизняної зернової галузі.

An analysis is done volumes and structure of sowing areas and gross collections of grain-crops. In particular, concentrated attention on development of zernofurazhnoy industry and such key cultures, as a barley is furious and corn on grain. Certainly prospects of subsequent development of domestic corn industry.

Ключові слова: зернофуражна галузь, динаміка виробництва, посівна площа, фуражне зерно, ціна реалізації.

Конкурентоспроможність зернофуражної галузі на внутрішньому і зовнішньому ринках полягає у забезпеченості високого попиту на кількість і якість кормового зерна.

Розвиток зернового виробництва в Україні з кожним роком набуває все більшого розмаху і потребує кращого вивчення й аналізу.

Проблеми розвитку й ефективності зернової галузі вивчаються вітчизняними і зарубіжними вченими. В сучасний період дослідженнями займаються відомі українські вчені, зокрема П.Т. Саблук, В.Я. Мерсель-Веселяк, М.Я. Дем'яненко, М.В. Калінчик, С.М. Чмирь та ін.

Актуальним питанням на сьогоднішній день є формування і функціонування виробництва фуражного зерна, його роль у тваринницькій галузі, а також вплив зміни цін зернофуражу на кінцевий продукт тваринництва. Ринок зерна і зернове господарство є основною складовою аграрної економіки країни, що визначає продовольчу безпеку держави, а також забезпечення і розвиток тваринницької галузі.

В Україні спостерігаються тенденції щодо збереження більш-менш стабільних площ посіву групи зернових культур у цілому. Так, за період 1990-2010 рр. в 1,8 рази збільшились площі посіву технічних і майже в 4,4 рази зменшились площі посіву кормових культур. При цьому зернові культури в структурі посівних площ займають близько 56 % від загальної площі ріллі. Що стосується площ посіву таких ключових зернофуражних культур, як ячмінь ярий, кукурудза на зерно, горох, то за період 1990-2010 рр. площі посіву ячменю збільшились в 1,4 рази: з 2201 тис. га (1990 р.) до 3024 тис. га (2010 р.), кукурудзи – в 2,2 рази: з 1234 тис. га (1990 р.) до 2709 тис. га (2010 р.), а гороху в 4,2 рази зменшились: з 1287 тис. га (1990 р.) до 305 тис. га (2010 рік).

Спостерігаються зміни і в структурі виробництва зернових і зернобобових культур. Так, якщо в 1990 р. ринок зернових культур формувался за рахунок ячменю ярого – на 15,1 %, кукурудзи на зерно – на 8,5 % і зернобобових – близько 10 %, то у 2010 р. ячмінь ярий склав 20 %, кукурудза на зерно – 18 %, зернобобові – 2,8%.

За інформацією Державного комітету статистики України всіма категоріями господарств у 2010 р. вироблено більше ніж 39 млн т. зерна, з них 19899 т – озимих зернових, а 19371,6 т – ярих зернових.

Таблиця 1 – Динаміка посівних площ сільськогосподарських культур в Україні, тис. га

Культури	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Вся посівна площа	32406	30963	27173	27928	27539	25081	26752	26044	25928	26060	27133	26990	26952
Зернові культури	14583	14152	13646	15586	15448	12495	15433	15005	14515	15115	15636	15837	15090
Озимі зернові:	8614	6310	6324	8261	8173	2873	6397	7289	5884	6725	8127	8308	7904
пшениця	7568	5324	5316	6831	6833	2356	5139	6185	5089	5817	6802	6518	6137
жито	518	609	668	923	787	404	737	622	373	349	466	467	286
ячмінь	528	377	340	507	553	113	521	482	422	599	859	1322	1481
Ярі зернові:	5969	7842	7322	7324	7275	9622	9036	7716	8631	8390	7509	?	7186
пшениця	9	185	303	282	293	472	535	480	494	471	314	334	314
ячмінь	2201	4130	3645	3590	3978	5059	4157	4018	4883	4417	3360	3799	3024
овес	492	570	521	594	557	602	538	468	474	404	456	433	326
кукурудза	1234	1174	1364	1291	1311	2170	2467	1711	1777	2087	2516	2149	2709
просо	205	167	437	354	164	311	434	141	136	122	153	119	95
гречка	350	459	574	713	433	366	439	426	398	352	302	273	225
рис	28	22	26	19	19	22	21	21	22	21	20	25	29
Зернобобові	1424	1103	408	432	486	558	387	422	406	438	263	371	429
горох	1287	996	307	319	356	403	270	326	339	362	206	286	305
вика та викові суміші на зерно	79	65	54	56	64	74	54	44	29	30	19	28	32

Джерело: розраховано на основі даних Держкомстату України.

Згідно з даними Держкомстату України на цей час спостерігаються тенденції щодо збереження стабільних площ посіву групи зернових культур у цілому. За 1990-2010 рр. урожайність зернових характеризувалася стійкою тенденцією до зниження з 35,1 до 26,9 ц/га, або на 30 %.

Дослідження показують (табл. 2), що валові збори зернових за 1990-2010 рр. були нестабільними й їхня динаміка залежить переважно від сприятливих і несприятливих погодних умов, що видно із даних валових зборів зерна: 1990 рік – 51,0 млн т; 1995 – 33,9; 2000 – 24,5; 2008 – 53,0; 2010 – 39,3 млн т.

Таблиця 2 – Валовий збір зернових і зернобобових культур, тис. т

Культури	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Зернові культури	51009	33930	24459	39706	38804	20234	41809	38016	34258	29295	53290	46028	39271
Озимі зернові:	33560	18163	11348	24064	22834	3658	19386	18744	14444	14608	28763	24608	19899
пшениця	30348	15968	9775	20794	19978	2866	16361	17683	12880	13173	25050	20037	16217
жито	1259	1207	966	1821	1509	620	1589	1053	582	561	1050	952	463
ячмінь	1953	987	607	1449	1347	172	1436	1008	982	874	2663	3619	3219
Ярі зернові:	17449	15767	13111	15642	15970	16576	22423	18272	19814	14687	24527	21420	19372
пшениця	26	305	422	554	578	733	1159	1016	1067	765	835	849	635
ячмінь	7216	8646	6265	8737	9017	6662	9649	7967	10359	5106	9948	8214	5266
овес	1303	1116	881	1116	943	941	1007	791	690	544	944	731	459
кукурудза	4737	3392	3848	3641	4180	6875	8867	7167	6426	7421	11447	10486	11953
просо	338	268	426	266	112	341	459	141	123	84	221	139	117
гречка	420	341	481	388	209	311	294	275	229	217	240	189	134
рис	118	80	90	69	75	84	80	93	100	108	101	143	148
Зернобобові	3266	1570	652	827	810	571	812	758	747	357	550	622	592

Джерело: розраховано на основі даних Держкомстату України

Що стосується виробництва такої фуражної культури як ячмінь, то на рис. 1 зображено валовий збір ячменю у розрізі областей України. Згідно з даними найбільшим виробником зерна ячменю в Україні є Одеська область, яка в 2010 році виробила 10411,2 тис. т цієї культури, що становить 12,3 % від загального виробництва по Україні.

Найнижчі показники валових зборів зерна ячменю зафіксовано в Закарпатській – 15,8 тис. т, Чернівецькій – 45,8 тис. т і Івано-Франківській – 54,9 тис. т областях. Вінницька область в рейтингу областей за зібраною площею ячменю, в середньому за останні 5 років, посідає 8 місце – 231,9 тис. га, або 5,12 %, а за валовим збором зерна цієї культури – 6 місце (584,1 тис. т, або 5,92 %)

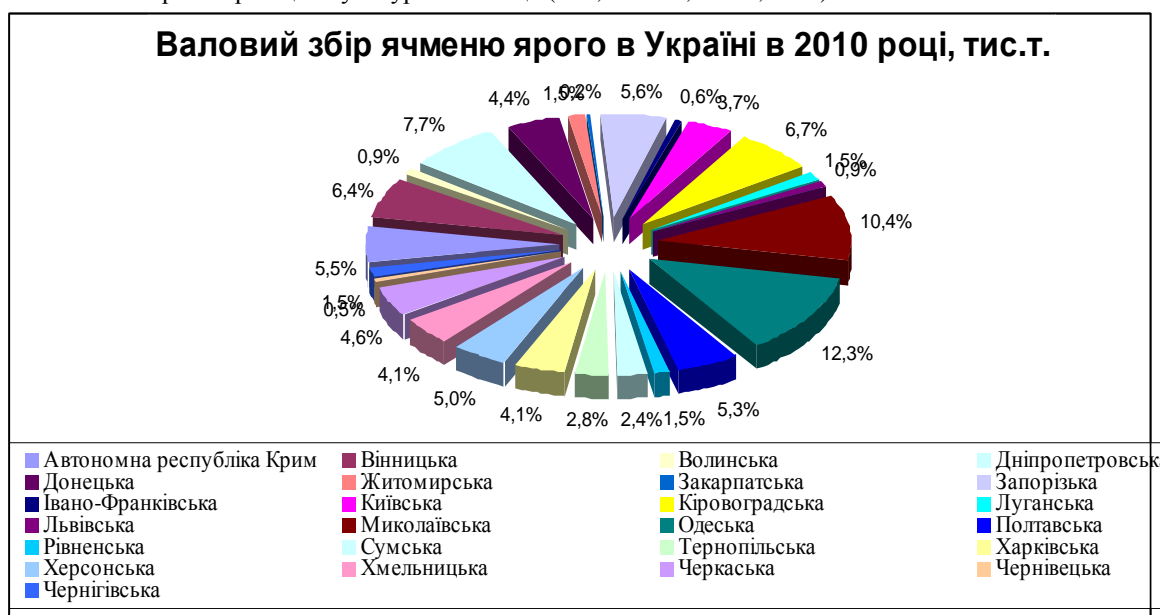


Рис. 1 – Валовий збір ячменю ярого в господарствах України в 2010 році (в розрізі областей)

Однією з найпоширеніших культур у зерновому балансі України є кукурудза на зерно. Останнім часом аграрії роблять більший акцент на вирощуванні кукурудзи, при цьому відбувається зміна структури посівних площ. В останні роки вона показувала одні з найвищих показників рівня рентабельності в рослинництві і була лідером у групі зернових. При достатньо високих цінах та середніх витратах на виробництво прибутковість виробництва становить (35-45) %, тоді як рентабельність вирощування пшениці і ячменю є в 2-2,5 рази нижчою. Це є вагомим стимулом для збільшення посівних площ під кукурудзу [4].

У 2009 році частка кукурудзи в усьому вирощеному зерні склала 22 %, а в 2010 – при виробництві майже 12 млн т, частка її складає 30,4 %.

Динаміку виробництва кукурудзи на зерно за останні 5 років подано на рис 2.

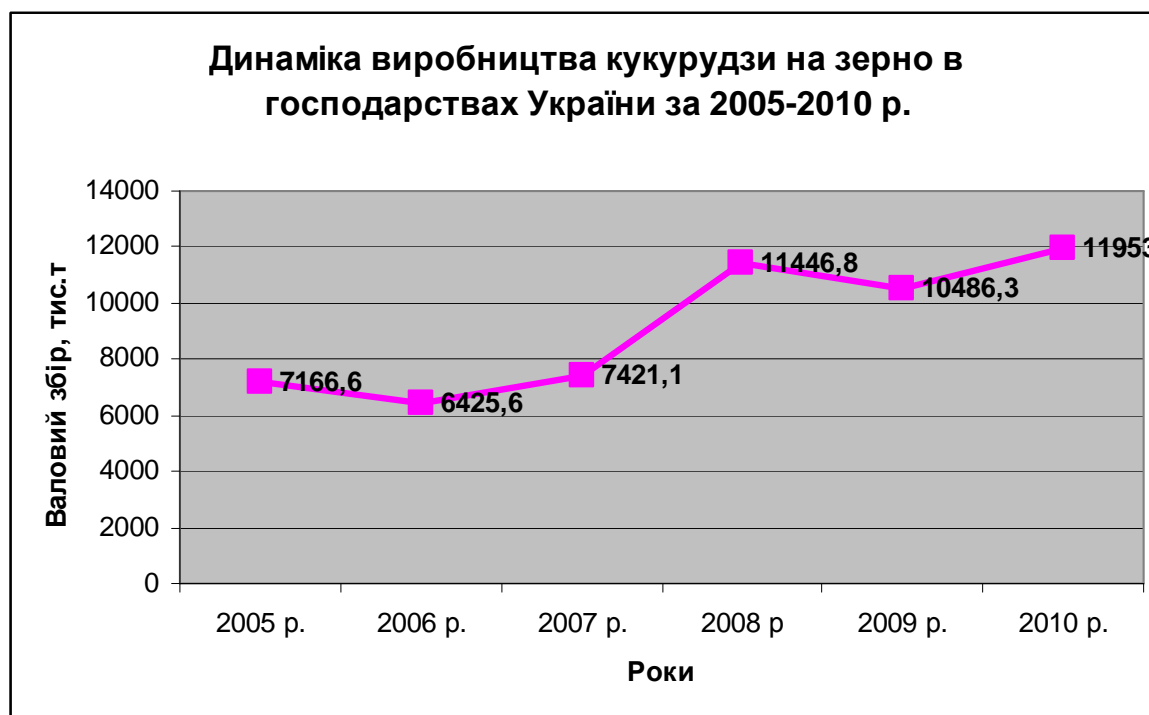


Рис. 2 – Динаміка посівної площі кукурудзи на зерно в господарствах України

У 2010 р. прибутковість виробництва кукурудзи на зерно в середньому по галузі склала близько 30 %, що залишає її на першому місці за рентабельністю порівняно з традиційними зерновими культурами: пшеницею, ячменем та житом. Висока прибутковість культури обумовлена зростанням її ціни в 2010 р. на понад 50 % порівняно з попереднім роком, що змогло перекрити втрати врожайності зерна через спекотне літо. Ціна на кукурудзу на світових ринках продовжує зростати, а це є гарним стимулом для розширення площ під цю культуру в новому сезоні.

На тлі скорочення поголів'я великої рогатої худоби в 2010 р. спостерігається продовження тенденції зростання поголів'я свиней і птиці, і це призведе до збільшення фуражного споживання у поточному сезоні. Враховуючи співвідношення цін на зернові, ми вважаємо, що у структурі споживання зерна скоротиться частка ячменю на користь пшениці й кукурудзи.

Що стосується ціни, то її підтримку забезпечують не лише експортний попит на кукурудзу, але й збільшене споживання цієї культури на виробництво біоетанолу.

За прогнозами Міністерства аграрної політики і продовольства України, в 2011 р. планується посіяти близько 3 млн га кукурудзи. Площі під цю культуру збільшаться на 71 тис. га в порівнянні з минулим роком. Причиною є те, що кукурудза є досить рентабельним продуктом. Це дійсно так, оскільки це одна з найменш вибагливих культур і найбільш затребуваних на світових ринках [5].

Попит на ячмінь з року в рік залишається однаковим як за експортним маршрутом, так і за обсягами, а за кукурудзою – майбутнє. На кукурудзу попит щорічно зростає і буде зростати в світлі останнього подорожчання нафтопродуктів у світі.

Отже, в основі визначення перспектив подальшого розвитку вітчизняної зернової галузі повинна закладатися всебічна оцінка внутрішнього потенціалу та можливість його нарощування і використання в

майбутньому з урахуванням впливу зовнішніх чинників. Концептуальною основою прогнозування розвитку вітчизняної зернової галузі, на думку вчених-аграріїв, є припущення, що зернова галузь у майбутньому має посісти пріоритетне місце в економіці держави. Адже рівень виробництва зерна повинен задовольняти потреби внутрішнього ринку і забезпечувати зростання експортного потенціалу.

При цьому головним завданням держави є сприяння підвищенню ефективності вирощування сільськогосподарських культур (за умов дотримання сівозмін) та активна фінансова участь у модернізації, реконструкції та технічному переозброєнні діючих і створенні нових виробничих потужностей.

За економічними обґрунтуваннями і результатами досліджень можна зробити висновки, що на зовнішньому ринку потрібно реалізовувати продовольче зерно, а фуражне – ефективно використовувати для внутрішніх потреб (виробництва кормів для ефективнішого розвитку тваринницької галузі).

Проведені дослідження свідчать, що розвиток зернофуражного виробництва буде ефективним при виконанні таких умов:

- розроблення методології моніторингу стану формування тваринницької галузі в часі та просторі;
- запровадження стратегії стандартизації виробництва зернофуражних культур, що включає стандартизацію виробництва, оснащеності технічними засобами, кваліфікаційним персоналом, продукції на всіх її етапах від виробництва до споживання;
- квотування обсягів виробництва зернофуражної продукції, виходячи з вищевказаних умов;
- вивчення стратегії поведінки товаровиробників на ринку зернофуражу.

Література

1. Кириленко І.Г., Дем'янчук В.В., Андрющенко Б.В. Формування зернового ринку в Україні: стратегія розвитку // Економіка АПК, – 2009, № 9, с 79-84.
2. Материнська О.А. Аналітична оцінка виробництва зернофуражного зерна ячменю ярого у Вінницькій області // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Випуск 39, Ч II. – Вінниця: ВДАУ, 2009.
3. Чмирь С.М. Ефективність ринку зерна // Економіка АПК, 2009, № 4 С 117-120.
4. <http://www.agribusiness.kiev.ua/uk/news/ucab/15-04-2010/1271339982/>
5. <http://news.finance.ua/ua/~1/0/all/2011/04/10/234213>

УДК: 658:[621: 005.932]

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Рябова Т.Ф., доктор экон. наук, профессор, заслуженный деятель науки
Российской Федерации
Московский государственный университет технологий и управления, г. Москва**

На основе анализа и синтеза информации определены приоритетные направления обеспечения продовольственной независимости Российской Федерации в состав которых входят организационные, технические, технологические, экономические, социальные и другие аспекты, ориентированные на повышение уровня и качества жизни населения страны.

On the basis of analysis and synthesis of information directions of priorities of providing of food independence of a Russian Federation are certain which the organizational enter in the complement of, technical, technological, economic, social and other aspects, oriented to the increase of level and quality of life of population of country.

Ключевые слова: продовольственная независимость, развитие общества, управление безопасностью, социальная защита, квалификация персонала, уровень жизни, предприятия АПК.

Одной из важнейших социально-экономических проблем современного этапа развития общества учеными мирового сообщества признано удовлетворение потребностей населения в жизненно необходимых продуктах питания высокого качества. Во многих государствах мира эта задача не решена полностью. При этом в одних странах производится достаточный для потребления объем продовольствия, другие - характеризуются неполным уровнем самообеспечения как в количественном, так и качественном

ном отношении. Наиболее развитые страны в основном успешно решают данную проблему путем эффективного использования имеющихся ресурсов, наращивания масштабов производства пищевой продукции, а также путем применения передовых методов и механизмов управления и усиленного инвестирования сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий.

Достижение надлежащего уровня продовольственного самообеспечения России находится в известной зависимости от эффективности управления, темпов экономического роста страны, гармонизации условий деятельности сельскохозяйственных и промышленных комплексов АПК отдельных регионов и территориальных образований, сокращения диапазона различий в доходах отдельных категорий и групп населения.

Решение проблемы продовольственной безопасности страны, в первую очередь, должно основываться на рациональном использовании ее экономического потенциала.

Субъектам экономики необходимо производить максимальный объем отечественной продукции, чтобы удовлетворять потребности населения на 75 и более процентов и создавать новые ее виды.

Следует также отметить, что развитие национальной продовольственной безопасности страны во многом зависит от природно-климатических условий и других ее особенностей, уровня интеллектуального потенциала менеджеров, развития материального базиса производства, уровня инновационности, учета потребительских предпочтений, качества жизни населения.

Проблема управления продовольственной безопасностью страны обусловлена целым рядом обстоятельств, которые указывают на необходимость регулирования процессов по созданию высокой степени удовлетворения потребности населения в продуктах питания. Как показывает опыт, в развитых странах мира уровнем продовольственной безопасности управляют государственные институциональные структуры. Каждая страна с учетом своих социально-экономических и природно-климатических условий должна выработать свои принципы, методы и механизмы управления. Потребность в рациональном управлении продовольственной безопасностью обусловлена наряду с этим целым рядом объективных причин.

Ниже приведены некоторые результаты статистических исследований, наглядно характеризующие состояние продовольственной безопасности страны.

Значительное сокращение посевных площадей в сельскохозяйственном секторе экономики АПК. Как показало изучение, во второй половине 80-х годов 20-го столетия посевные площади занимали около 120 млн. га в год, в т.ч. занятые зерновыми культурами – примерно 75 млн. га. Процесс сокращения посевного клина начался с 1990 г. и продолжается до 2006 г.

Начиная с 1990 г. по 2007 г. посевные площади сельскохозяйственных культур уменьшились на 41,4 млн. га или на 35 %, в том числе под зерновыми культурами – на 19,6 млн. га или на 31 %. Только в 2006 г. их размер уменьшился по сравнению с предыдущим годом на 400 тыс. гектар, а в 2007 г. – на 800 тыс. гектар. По отношению к данным 1990 г. посевные площади сократились до 76,3 млн. гектар, т.е. на 41,4 млн. гектар или почти на 35 %. Наибольшее снижение характерно для посевных площадей, занятых зерновыми культурами – от 63,0 до 44,4 млн. гектар, засеваемые рожью – уменьшились почти в 4 раза, ячменем – на 4,1 млн. гектар, овсом – примерно на 60 % (с 9100 до 3564 тыс. гектар), просо – почти в 4 раза, зернобобовыми – более чем в 3 раза.

Согласно данным Росстата РФ в 1990 на одного россиянина производилось 788,5 кг зерна, к 2000 г. его значение уменьшилось до 445,6 кг, в 2004 г. – повысилась до 541,6 кг, в 2008 г. – производилось 704 кг зерна. В среднем в последние два года урожайность варьировалась на уровне 18,9-19,8 центнера с гектара. Рекордная урожайность пшеницы наблюдается в хозяйствах Краснодарского края – 67 и 70 центнеров, Ставрополя – 60-61 центнер, Татарстана – 76 центнеров.

Наблюдаются низкие темпы экономического роста в животноводческом комплексе. Так, несмотря на увеличение в 2007 г. субсидий на государственную поддержку животноводства, продолжается спад поголовья крупного рогатого скота – на 100 тыс. голов, хотя поголовье коров стабилизировалось на уровне 9,4 млн. Увеличился надой молока на одну корову с 3574 до 3769 кг, однако среднесуточные привесы крупного рогатого скота возросли всего на 8 грамм, а поросят – на 7 грамм.

По сравнению с 1990 г. объем производства скота и птицы в живом весе в 2007 г. составил 8,6 против 15,6 млн. тонн. Хотя по сравнению с 2006 г. имеется прирост на уровне 700 тыс. тонн. Объем производства молока в 2007 г. по сравнению с 1990 г. составил 32,2 против 55,5 млн. тонн, а по сравнению с предыдущим годом – прирост в размере 800 тыс. тонн.

Выполненный нами анализ свидетельствует о том, что поступление тракторов и сенокосилок на предприятиях сельского хозяйства возросло на 0,7 %, комбайнов зерноуборочных – на 0,8 % (с 4,0 до 4,8) %, комбайнов кормоуборочных – с 4,2 до 5,3 %, автомобилей грузоперевозящих – с 1,2 до 1,8 %. В то же время снизилось поступление комбайнов свеклоуборочных – с 6,0 до 4,7 %, доильных установок – с 9,7 до 3,7 %.

В 2007 г. в сельском хозяйстве сократилось общее число тракторов по отношению к 1992 г. с 1443 до 441 тыс. единиц, или на 1002 тыс. единиц; сеялок – соответственно с 582,8 до 178,7 единиц, или на 404,1 тыс. единиц; комбайнов зерноуборочных на 263, тыс. единиц, комбайнов кормоуборочных – более чем в 4,5 раза. Аналогичная ситуация наблюдается по остальным видам техники.

Эффективность управления продовольственной безопасностью во многом определяется формами материально и морального стимулирования, а также ростом оплаты труда персонала. Как свидетельствует анализ информации, уровень среднемесячной заработной платы одного работника сельскохозяйственных организаций в 2 и более раза меньше аналогичного показателя по другим отраслям экономики

Приведем примеры средней заработной платы по данным за 2007 г. в разрезе основных профессий: трактористы-машинисты – 5734 руб. в месяц, операторы машинного доения – 5110 руб., скотники крупного рогатого скота – 4004 руб.

В условиях финансового кризиса ситуация с занятостью населения в сельской местности может еще более усугубиться. В целях повышения уровня занятости руководителям организаций, муниципальным и региональным органам власти необходимо организовать подготовку, переподготовку и обучение жителей сельских регионов, в том числе молодежи, рабочим и другим профессиям.

На основе анализа показателей использования человеческого потенциала – среднемесячной заработной платы, уровня образования, численности молодежи, продолжительности жизни, уровня безработицы и других параметров, выявления их негативных тенденций сделан вывод, что эта сфера нуждается в кардинальном преобразовании.

Одним из самых сложных вопросов в управлении продовольственной безопасностью является повышение эффективности использования производственных мощностей перерабатывающих предприятий. В настоящее время на предприятиях пищевой промышленности большинства отраслей наблюдается низкий коэффициент использования производственных мощностей – на уровне (45-60) %. Такая ситуация связана с тем, что за период с 1990 г. по настоящее время было введено в строй огромное количество предприятий малой мощностью. Это привело к снижению объемов производства продукции на крупных высокотехнологичных предприятиях.

Качество вырабатываемого продовольствия также зависит, как показало изучение, от уровня управления и контроля технологических процессов и перерабатываемого сырья. Так, качество хлеба и хлебобулочных изделий в стране характеризуется низким уровнем. Экспертами установлено, что 60 и более процентов массовых сортов черного и белого хлеба является не качественным. В определенной мере это объясняется отсутствием высоко клейковинного зерна в достаточном объеме.

Наиболее сложной проблемой является отсутствие механизма распределения и перераспределения доходов по сферам технологической цепочки от производства сельскохозяйственной продукции до переработки и реализации одного вида готовой продукции. Как показало изучение, сельскохозяйственные товаропроизводители получают от производства, например, зерна, характеризуемого высокой степенью трудоемкости выращивания и уборки урожая, меньшую долю прибыли, чем мукомольные, крупяные, хлебопекарные предприятия и тем более торговые структуры.

В развитых странах мира создан специальный механизм распределения прибыли в соответствии с уровнем затрат между сферами производства сельскохозяйственного сырья, как приоритетного, переработки и торговли готовой продукции. В связи с этим имеется объективная потребность в разработке аналогичного эффективного механизма, обеспечивающего равномерную прибыльность всех задействованных структур в единой технологической цепочке с выделением приоритетности сельского хозяйства.

За последние годы в результате принимаемых правительством мер по реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и поддержки АПК заложены положительные тенденции в развитии агропромышленного комплекса. Так, объемы производств с 2000 года значительно выросли.

Таким образом, налицо предпосылки реального импортозамещения и развития перерабатывающей промышленности. Однако в перерабатывающей промышленности имеют место значительные проблемы, одной из которых является недостаточная обеспеченность отрасли квалифицированными кадрами. Как следствие кадровой проблемы присутствуют и другие проблемы: недостаток новых технологий, современного оборудования, развитой связи с регионами, финансовых ресурсов.

Эффективность управления продовольственной безопасностью в значительной мере зависит от своевременного обновления знаний работников. Анализ данных указывает на то, что в 2007 г. обновили знания путем обучения в учреждениях профессионального образования 120 тыс. руководителей и специалистов сельскохозяйственного производства, в том числе за счет федерального бюджета – 51 тыс. человек. Следовательно, только 6 % от общей численности экономически активного трудоспособного населения сельской местности обновили свои знания.

В сельском хозяйстве доля молодежи до 20 лет составляла в 2007 г. 2,8 %, а в 2005 г. – 3,5 %, до 29 лет – соответственно 22,3 и 20,9 % от общей численности занятого населения. По образовательному

цензу 15,4 % занятого населения имели высшее и неполное высшее образование, 22,9 % – среднее, 18,4 % – начальное. Всего профессиональное образование от начального до высшего имеет 56,7 %, а 43,3 %, т.е. более 7,5 млн. занятого населения не имеют никакого образования.

Структуру экономически активного сельского населения в 2007 г. можно охарактеризовать следующими показателями возрастных параметров: 60-72 года – 3,3 %; 50-59 лет – 18,8 %; 40-49 лет – 31 %; 30-39 лет – 21,8 %. Средний возраст равен 39,6 годам.

Согласно данным в 2-х субъектах страны этого сектора уровень безработицы в 2007 г. составлял более 30 %; в 4-х – от 20 до 30 %; в 23 – от 10 до 20 %; в 54 – до 10 %. Наиболее неблагоприятными субъектами по степени безработицы являются Южный Федеральный округ – 11 субъектов.

Высшее профессиональное образование является стратегическим ресурсом развития экономики страны и формирования цивилизованного общества.

Освоение знаний специалистами в процессе получения высшего профессионального образования способствует:

- повышению уровня экономической, продовольственной, инновационной и экологической независимости страны посредством формирования новых знаний и интеллектуального потенциала;
- повышению уровня федерализма и статуса России в системе международного разделения труда;
- формированию цивилизованного социально-ориентированного общества страны;
- формированию оптимальной структуры производства и развитию ассортиментной политики на предприятиях и в организациях;
- созданию инновационного и научно-технического потенциала, позволяющего внедрять принципиально новые технологии и виды оборудования на предприятиях различных видов;
- технико-технологическому и финансово-экономическому развитию регионов, комплексов, отраслей и предприятий;
- экономическому росту в сфере материального производства;
- созданию новой потребительной стоимости, удовлетворяющей потребности и предпочтения различных групп населения;
- повышению производительности труда, обеспечивающей прирост валового внутреннего продукта и национального дохода государства и его федеральных округов;
- росту объема производства национальной готовой продукции и повышению ее экспортного потенциала;
- повышению качества и конкурентоспособности отечественных товаров;
- оптимальному размещению производительных сил по территории страны;
- увеличению числа рабочих мест, созданию новых производств, цехов и участков по выпуску качественной готовой продукции;
- развитию на новом уровне производственных отношений между субъектами страны и регионами, отраслями, комплексами, хозяйствующими субъектами;
- развитию систем управления предприятиями, ориентированными на использование индивидуальных способностей каждого человека, а также когнитивного и креативного мышления;
- снижению экономических, финансовых, коммерческих и других видов рисков в производственно-организационной деятельности предприятия;
- улучшению экологической среды обитания человека;
- формированию потенциала бизнес-менеджмента предприятий, обеспечивающих позитивное развитие производства, труда и управления.
- повышению качества и уровня жизни населения регионов и в целом государства;
- улучшению структуры общества за счет увеличения численности населения, с интеллектуальным потенциалом;
- повышению уровня корпоративной культуры и этики бизнеса и другим направлениям перспективного развития экономики России.

Выводы

Ситуация в условиях кризиса ставит перед отраслевыми вузами, перед организациями АПК и общественного питания совершенно иные, отличные от вчерашнего дня, глобальные задачи. Необходимо радикальным образом пересмотреть систему подготовки кадров для рассматриваемых отраслей. В особом подходе нуждается научная подготовка специалистов для среднего и малого бизнеса. Здесь нужны специалисты, которые обладают комплексными компетенциями, позволяющими работать в условиях инновационного производства.

Література

1. Глобальная экономика. Энциклопедия. Под ред. Куликова И.М. – М.: Финансы и статистика, 2011.
2. Гусев В.С. и др. Экономика и организация безопасности хозяйствующих субъектов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. .
3. Динамика корпоративного развития / Под ред. А.И. Татаркина. – М.: Наука, 2004.
4. Друкер П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
5. Петренко И.Н. Основы безопасности функционирования хозяйствующих субъектов. – М.: Анкил, 2006.