

Автореф
Ж 91

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЖУРЛОВА ОЛЕНА ДМИТРІВНА



УДК [602.4:613.292-027.2]:664.764

**РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ІНГРЕДІЄНТІВ ІЗ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 03.00.20 – біотехнологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2015

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Одеській національній академії харчових технологій,
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії України,
заслужений діяч науки і техніки України

ОНАХТ

Автореф

Розробка біотехнолог



v018635

Капрельянец Леонід Вікторович,
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра біохімії, мікробіології і фізіології
харчування, завідувач кафедри, проректор академії з
наукової роботи і міжнародних зв'язків.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор

Хомич Галина Панасівна,

Полтавський університет економіки і торгівлі, кафедра
технологій харчових виробництв і ресторанного
господарства, завідувач кафедри;

v018635

ОНАХТ

БІБЛІОТЕКА

– кандидат технічних наук, доцент

Ямборко Ганна Валентинівна,

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
кафедра мікробіології і вірусології, доцент кафедри.

Захист відбудеться 20 листопада 2015 року о 12⁰⁰ на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 41.088.02 в Одеській національній академії харчових
технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112 в ауд. А-234.

3 дисертації можна ознайомитися в бібліотеці Одеської національної
академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий 19 жовтня 2015 року

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, д. т. н. проф. *[підпис]*

Г. В. Крусір

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В останні роки увагу нутриціологів зосереджено на природних антиоксидантах злакових культур – фітокомпонентах і особливо поліфенолах. Антиоксиданти фенольної природи зернових мають імуностимулювальну активність, захищають від окиснювального пошкодження біомембрани клітин, запобігають утворенню адуктів з ДНК, тим самим попереджаючи активацію мутагенних процесів. Антиоксиданти сконцентровані в зовнішній оболонці зерна злаків, де їх вміст досягає 80 % від загальної кількості в зерні.

Висівки зернових культур містять полісахариди ксилани, при направленому біокаталізі яких можна отримувати ксилоолігосахариди, що вибірково стимулюють зростання пробіотичної мікрофлори.

Проблема біокаталітичної переробки вторинних зернових ресурсів є актуальною і потребує науково обґрунтованих технологічних рішень.

Дисертаційна робота присвячена розробці комплексної технології переробки вторинної зернової сировини шляхом біотрансформації полімерного комплексу клітинних стінок висівків з використанням ферментів-гідролаз як найбільш ефективного способу отримання функціональних інгредієнтів і розширення асортименту ринку функціональних продуктів харчування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає тематиці досліджень проблемної науково-дослідної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій № 1/12 «Рослинні і мікробні полісахариди як об'єкти біотехнологічної модифікації» № держреєстрації 0112U000108 (наказ МОН України № 1241 від 28.10.2011 р.); ГРАНТ Європейського Союзу BaseFood № 227118 за програмою FP7 «Ефективне використання біологічно активних компонентів традиційних харчових продуктів Чорноморського регіону».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка біотехнології функціональних інгредієнтів із вторинних продуктів переробки зерна.

Для досягнення поставленої мети були визначені основні завдання дослідження:

- вивчити біохімічний склад пшеничних і житніх висівків, отриманих із зерна різних років урожаю, як джерела функціональних харчових інгредієнтів;

- провести скринінг гідролітичних ферментних препаратів і визначити активності

- розробити і теоретично обґрунтувати режими ферментативної обробки зернової сировини з використанням ферментів-гідролаз (амілаз і протеаз);

- визначити науково обґрунтовані технологічні параметри виробництва ксилоолігосахаридів і поліфенолів із використанням ферментних препаратів целюлолітичної та геміцелюлазної дії, оптимізувати умови ферментативного

гідролізу біополімерів висівок із застосуванням багатфакторного експерименту;

– підібрати умови фракціонування ферментативних гідролізатів висівок з метою отримання товарних форм функціональних інгредієнтів;

– визначити фізико-хімічні показники отриманих функціональних інгредієнтів;

– дослідити показники якості функціональних інгредієнтів на основі ксилоолігосахаридів і поліфенолів висівок, а також їх зміну в процесі зберігання, фізіологічний вплив на макроорганізм та провести медико-біологічну характеристику препарату поліфенолів;

– розробити технологічну схему комплексної переробки пшеничних і житніх висівок, провести промислову апробацію;

– розробити проект нормативної документації на отримані препарати, розрахувати їх собівартість та економічну ефективність розробленої технології.

Об'єкт дослідження – біотехнологія харчових продуктів та функціональних інгредієнтів.

Предмет дослідження – пшеничні і житні висівки, гідролітичні ферментні препарати, ферментативний гідроліз, полісахариди і ксилоолігосахариди клітинних стінок висівок, екстракти поліфенолів.

Методи дослідження – комплекс традиційних і сучасних біохімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних і технологічних методів дослідження з використанням сучасних пристроїв і комп'ютерних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів. Теоретично обгрунтовані етапи досліджень і послідовність технологічних операцій отримання функціональних інгредієнтів з використанням гідролітичних ферментів. Досліджено вплив ферментних препаратів на біотрансформацію гетеросубстратних компонентів клітинних стінок висівок, проведено оптимізацію умов ферментолізу. Досліджено біохімічний склад гідролізатів висівок та проведено їх фракціонування. Наведено характеристику хімічного складу, функціональних властивостей препаратів поліфенолів (ПФ) і ксилоолігосахаридів (КОС), а також проведено дослідження в умовах *in vitro* для виявлення пребіотичних властивостей КОС та медико-біологічне оцінювання впливу поліфенолів на фізіологічний ефект макроорганізму. Розроблено комплексну біотехнологію отримання функціональних інгредієнтів із зернової сировини. Наукова новизна роботи підтверджена патентом України на корисну модель № 98933 «Спосіб отримання концентрату поліфенолів».

Практичне значення отриманих результатів. На підставі отриманих результатів розроблено біотехнологію отримання функціональних інгредієнтів із зернової сировини, яка дозволяє отримувати продукти, що мають пребіотичну й антиоксидантну активність. Оптимізовано процес ферментолізу висівок. Розроблена нормативна документація на виробництво функціонального харчового інгредієнта «Пребіксил[™]» (ТУ У 24.14-02071062-001: 2015 і ТІ) на основі КОС та функціонального харчового інгредієнта

«Зепофен™» (ТУ У 24.14 - 02071062 - 002: 2015 і ТІ) на основі поліфенолів. Розроблені технології апробовано на підприємстві ТОВ НВО «Аріадна» і в лабораторії технології фітопрепаратів Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною роботою автора. Експериментальна робота виконана особисто автором. Розроблено наукові основи одержання функціональних інгредієнтів із зернової сировини, проведено аналіз літературних і патентних даних, проаналізовано та узагальнено отримані результати, підготовлено матеріали досліджень до публікацій у вигляді статей, патентів і тез, розроблено нормативну документацію, проведено промислову апробацію розробленої технології. Особистий внесок здобувача підтверджується наданими документами і науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на 7 наукових конференціях, зокрема: «Tradition food international 2012» (Цезена (Італія), 2012); 8-а і 9-а Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток наукових досліджень» (Полтава, 2012, 2013 pp.); «The Second North And East European Congress on Food NEEFood 2013» (Київ, 2013); I Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (Умань, 2013); IX Міжнародна науково-технічна конференція «Техника и технология пищевых производств» (Могильов, 2014); 75-а наукова конференція професорсько-педагогічного складу ОНАХТ (Одеса, 2015).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 14 друкованих працях, включаючи 5 статей у фахових виданнях МОН України, 1— у виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз, один патент України на корисну модель, тези 7 доповідей у матеріалах наукових і науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Дисертаційну роботу викладено на 130 сторінках основного тексту, вона містить 32 рисунки (16 сторінки), 29 таблиць (17 сторінок), 11 додатків (97 сторінки), список літературних джерел з 228 найменувань (23 сторінки).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету роботи та завдання, показано наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено відомості стосовно особистого внеску автора, апробації результатів дисертації, публікації здобувача за темою дисертаційної роботи.

У першому розділі узагальнено дані сучасної наукової, патентної літератури та інтернет-скринінгу. Розглянуто сучасні тенденції в харчуванні, у тому числі концепцію виробництва функціональних продуктів, її стан та перспективи розвитку в Україні. Показано адаптаційні та профілактичні

властивості функціональних продуктів харчування, а також необхідність розширення їх асортименту. Вивчено способи виробництва функціональних продуктів харчування, одним з яких є збагачення традиційних продуктів харчування функціональними інгредієнтами, що дозволяє зберегти звичні споживчі властивості.

Розглянуто біохімічний склад, профілактичні властивості, біологічну і харчову цінність висівок зернових як основи для виробництва функціональних продуктів харчування. Наведено механізм дії ферментативної деградації полімерів клітинних стінок висівок. Проаналізовано існуючі на сьогодні технології виробництва функціональних інгредієнтів, зокрема поліфенолів та ксилоолігосахаридів.

У другому розділі викладено відомості про об'єкти та методи досліджень, які були використані при виконанні роботи. Подано структурну схему, яка відображає основні напрямки досліджень та взаємозв'язок етапів вирішення поставлених завдань (рис. 1).



Рис. 1. Програма досліджень.

Основна частина досліджень була проведена в лабораторіях кафедр: біохімії, мікробіології та фізіології харчування, окремі дослідження виконувалися в лабораторіях кафедри харчової хімії; кафедри технології переробки зерна ОНАХТ; в лабораторії біохімії інституту стоматології АМН України; в лабораторії промислової та екологічної токсикології Українського НДІ медицини транспорту. Промислову апробацію розробленої технології та випуск дослідних партій продукції проводили на підприємстві ТОВ НВО «Аріадна» і в лабораторії технології фттопрепаратів ОНАХТ.

Всі досліді проводили не менше ніж у трьох повторностях, математичну обробку результатів здійснювали загальноприйнятими статистичними методами.

У третьому розділі проведено дослідження біохімічного складу пшеничних і житніх висівок, отриманих з різних зернопереробних підприємств України, 2011, 2012 та 2013 років урожаю. До хімічного складу висівок входять: білок – 15,6 % і 17,1 %, ЛГП – 21,9 % і 31,1 %, ТГП – 13,1 % і 17,0 %, ХВ – 39,1 % і 39,2 %, зола – 4,9 % і 5,2 %, ПФ – 3,61 мг/г і 3,74 мг/г відповідно. Встановлено, що він залежить від ґрунтово-кліматичних умов і способу отримання сировини. Висівки є потенційним сировинним джерелом для отримання БАР – функціональних харчових інгредієнтів, адже 90% від сухих речовин сировини – багатокомпонентні субстрати біополімерів.

Проведено скринінг гідролітичних ферментів, визначено механізм їхньої дії на субстратні компоненти сировини, в табл. 1 наведено характеристику ферментативної активності використаних препаратів.

Таблиця 1

Характеристика активностей ферментних препаратів, од. /г

Продукт	Амілітична	Протеолітична	β -глюконазна	Ксиланазна	Целюлазна	Пектиностеразна	Ферулоестеразна
α-Амілаза							
<i>Bacillus subtilis</i>	2000	–	–	–	–	–	–
Глюкоамілаза							
<i>Aspergillus awamori</i>	6000	–	–	–	–	–	–
Протеаза							
<i>Bacillus subtilis</i>	–	70	–	–	–	–	–
Viscozyme L							
<i>Aspergillus aculeatus</i>	–	–	100	50	70	40	+

Теоретично обґрунтовані і практично доведені параметри ферментативної модифікації біополімерів висівок: крохмаль, білок – α -амілази ($C = 0,001$ %), глюкоамілази ($C = 0,0006$ %) і протеази ($C = 0,005$ %) ГМ 1:10, рН 5, температура $(55 \pm 1)^\circ\text{C}$, тривалість 30 хв (рис. 2–5); геміцелюлоз – мультиферментного препарату Viscozyme L ($C = 0,001$ %), ГМ 1:10, рН 4, температура $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$, тривалість 4 години (табл. 2, 3).

Отримано вуглеводно-білковий концентрат (ВБК) з масовою часткою 70 % сухих речовин. Наведено характеристику, встановлено хімічний склад, показано, що ВБК містить до 44 % вуглеводів, сирого протеїну до 32 %, який збалансований за замінними та незамінними амінокислотами.

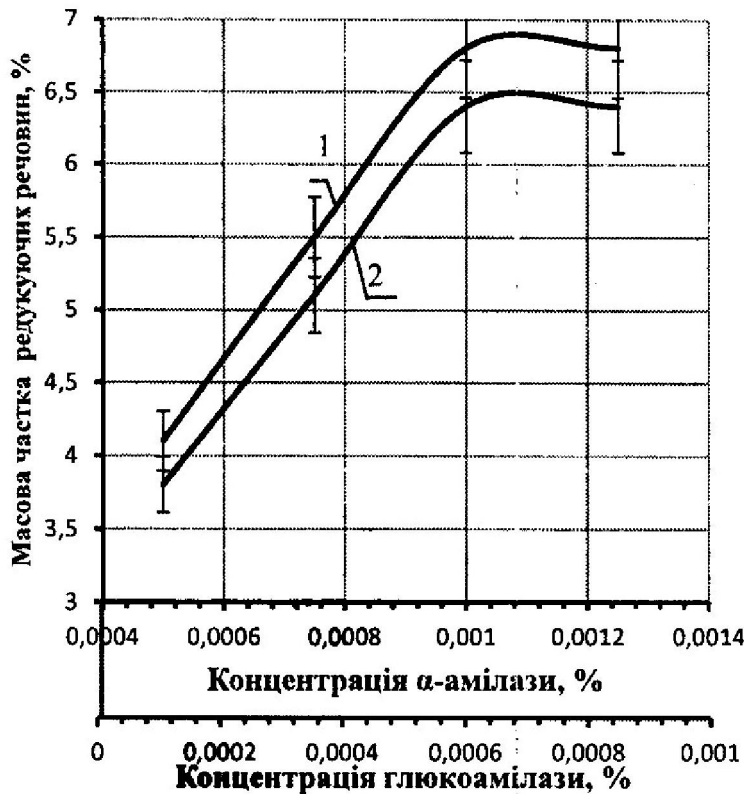


Рис. 2. Залежність накопичення РР від масової концентрації ферментного препарату в реакційному середовищі при гідролізі крохмалю висівок (ГМ 10, $t = 55^\circ\text{C}$, $\text{pH } 5$, $\tau = 1$ година): 1 – пшеничні висівки, 2 – житні висівки.

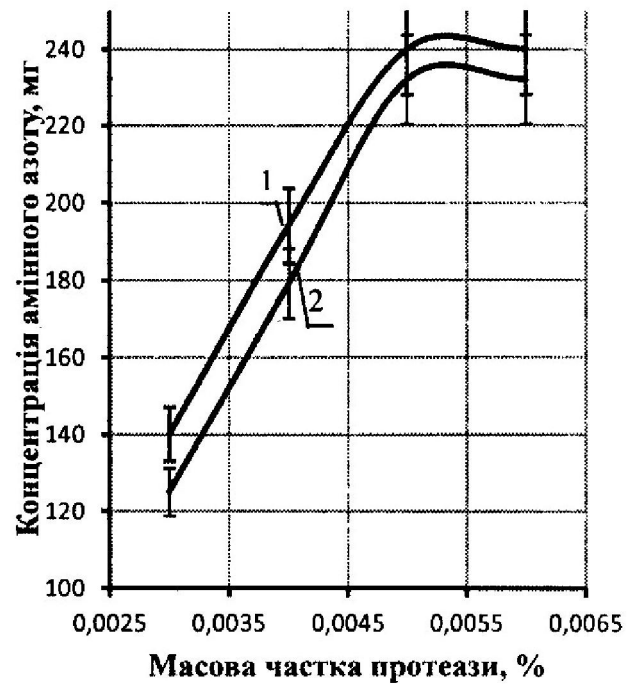


Рис. 3. Залежність концентрації амінного азоту в реакційному середовищі від концентрації ферментного препарату при гідролізі білка висівок (ГМ 10, $t = 55^\circ\text{C}$, $\text{pH } 5$, $\tau = 30$ хв): 1 – пшеничні висівки, 2 – житні висівки.

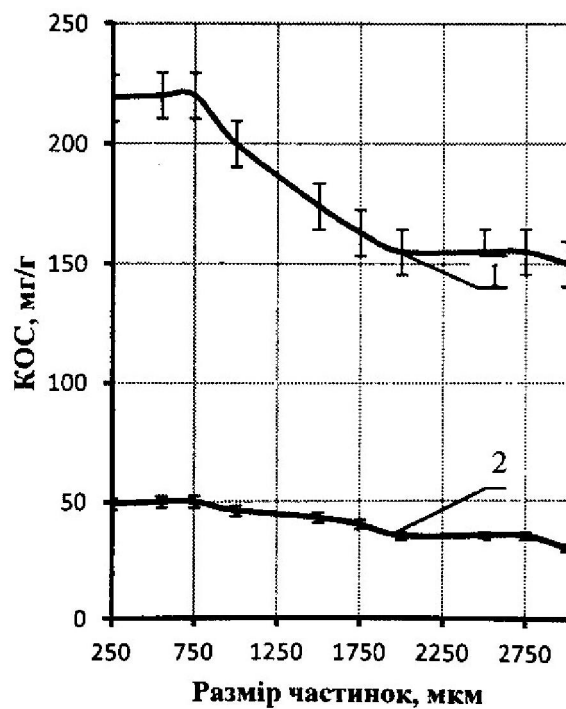
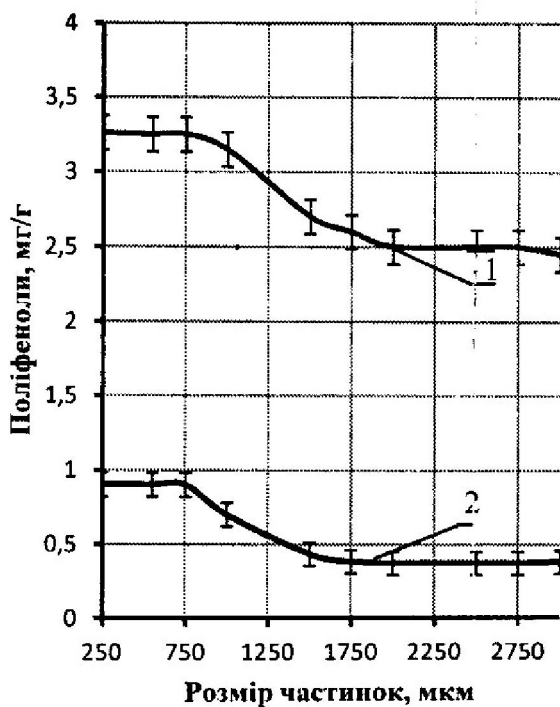


Рис. 4. Залежність вмісту поліфенолів та KOC у гідролізаті від ступеня подрібнення пшеничних висівок: 1 – біомодифіковані висівки, 2 – контроль.

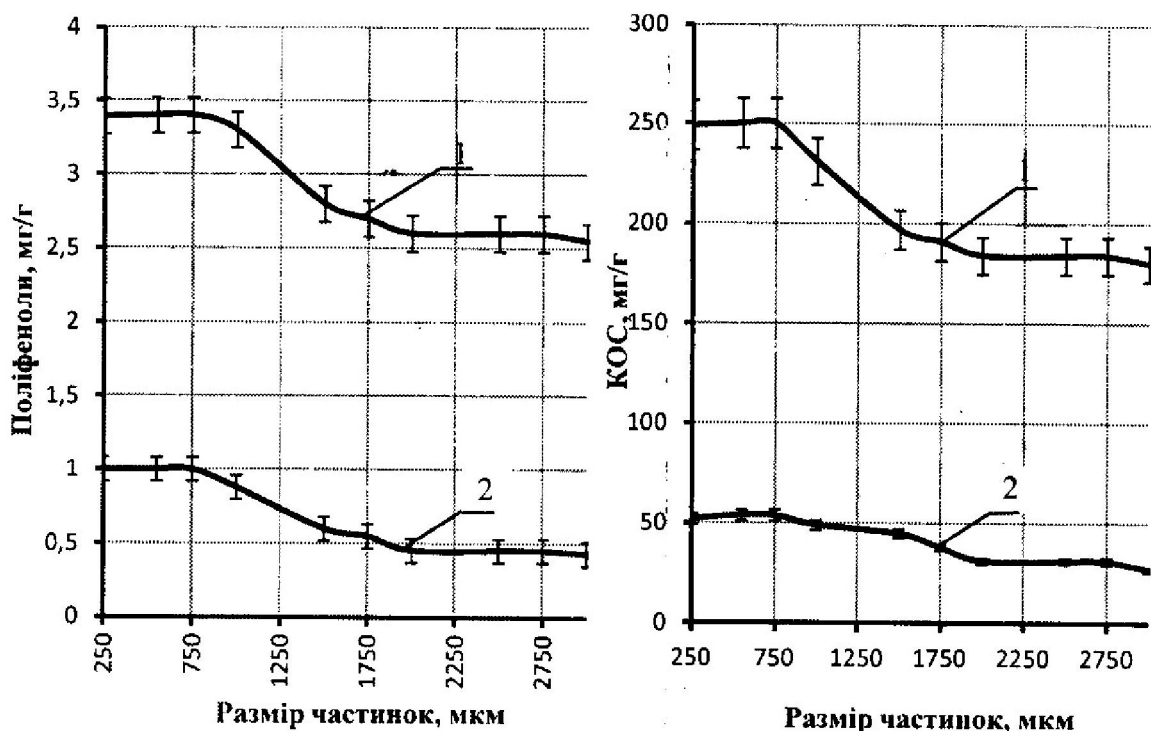


Рис. 5. Залежність вмісту поліфенолів та КОС у гідролізаті від ступеня подрібнення житніх висівків: 1 – біомодифіковані висівки, 2 – контроль.

Таблиця 2
Вплив концентрації мультиферментного препарату Viscozyme L та тривалості гідролізу на вихід поліфенолів (ГМ 10, $t = 50^{\circ}\text{C}$, pH4)

($n = 3$, $P \geq 0,95$)

Концентрація Viscozyme L, %	Тривалість, год					
	2	4	6	2	4	6
	Вихід поліфенолів висівков, %					
	Пшеничні			Житні		
0,00050	31,6	43,2	56,8	31,6	45,5	61,8
0,00075	47,0	66,7	73,4	46,7	68,3	76,6
0,00100	62,3	90,0	90,0	61,8	91,0	91,0
0,00150	62,3	90,0	90,1	61,8	91,0	91,0
0,00200	62,6	90,1	90,0	61,7	91,0	91,1

Таблиця 3
Вплив концентрації мультиферментного препарату Viscozyme L та тривалості гідролізу на вихід КОС (ГМ 10, $t = 50^{\circ}\text{C}$, pH 4)

($n = 3$, $P \geq 0,95$)

Концентрація Viscozyme L, %	Тривалість, год					
	2	4	6	2	4	6
	Вихід КОС висівков, %					
	Пшеничні			Житні		
0,00050	28,4	35,8	47,7	28,9	36,6	49,4
0,00075	37,9	53,0	68,1	39,5	51,6	67,7
0,00100	57,4	85,3	85,3	59,3	86,2	86,2
0,00150	57,6	85,3	85,4	59,8	86,2	86,2
0,00200	57,6	85,3	85,4	59,8	86,3	86,3

Отримано та розфракціоновано концентрат (сироп) БАР висівок на ПФ і КОС. Встановлено, що при співвідношенні сироп: етиловий спирт 1 : 1 досягається максимальна екстракція ПФ з концентрату БАР, а осадження КОС при співвідношенні сироп: етиловий спирт 1 : 3 (рис. 6, 7), вихід при цьому становить понад 90 % ПФ від вмісту в сировині, до 68 % КОС від його ГМЦ (табл. 4, 5).

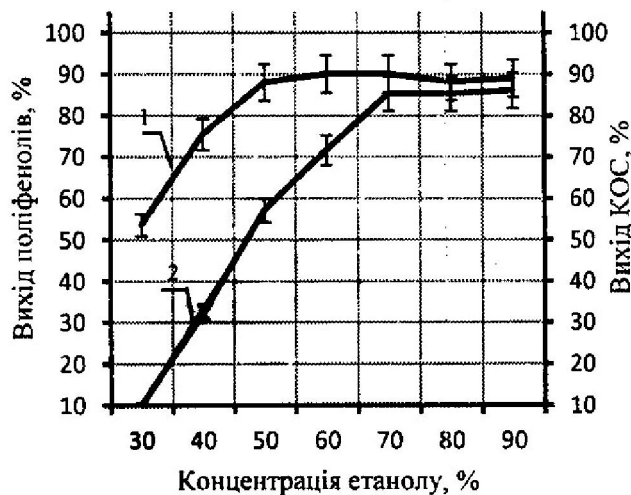


Рис. 6 Залежність виходу ПФ та КОС від масової частки етилового спирту у ферментолізаті пшеничних висівок: 1 – вихід ПФ, %; 2 – вихід КОС від масової частки ГМЦ, %.

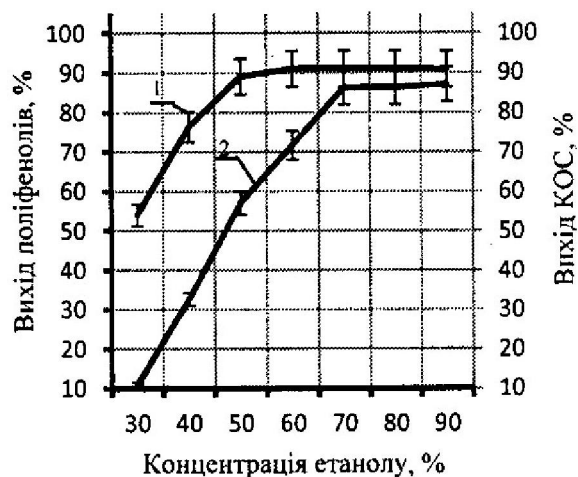


Рис. 7 Залежність виходу ПФ та КОС від масової частки етилового спирту у ферментолізаті житніх висівок: 1 – вихід ПФ, %; 2 – вихід КОС від масової частки ГМЦ, %.

Таблиця 4

**Хімічний склад препарату поліфенолів
(масова частка, % від абс. сухих речовин)**

($n = 3, P \geq 0,95$)

Висівки	Білок, %	Вуглеводи, %	Поліфеноли, %
Пшеничні	1,8 – 2,1	7,6 – 8,4	89,1 – 90,4
Житні	1,3 – 1,7	7,2 – 7,7	90,8 – 91,5

Таблиця 5

**Вуглеводний склад зразків препаратів КОС
із пшеничних та житніх висівок**

($n = 3, P \geq 0,95$)

Препарат КОС	Вуглеводи, %	КОС, %	Моносахариди, %				
			Арабіноза	Галактоза	Глюкоза	Ксилоза	Манноза
Пшеничні	76,5	65,4	12,4	4,4	13,3	43,6	2,8
Житні	76,0	68,0	12,2	5,3	12,9	45,6	0

Отримано препарати ПФ і КОС. Вивчено їхні технологічні, фізико-хімічні та біологічні властивості. Це порошки світло-жовтого і світло-коричневого кольорів, відповідно. ПФ гіркі на смак, з характерним ваніліновим запахом, КОС – без запаху, солодкуваті. Встановлено: ПФ в основному представлені феруловою кислотою 7110,8 ... 10926 мкг/мл (рис. 8), яка обумовлює їх антиоксидантну активність (1116,3 ... 1270 у.е.а./мл); КОС – суміш фрагментів олігосахаридів (СП = 2–5): ксилобіоза – 15,19–15,23 %, ксилотріоза – 22,50–22,80 %, ксилотетроза – 23,81–23,82 %, ксилопентоза – 19,62–19,71 %, вищі КОС – 5,19–4,91 %, які мають пребіотичні властивості (рис. 9).

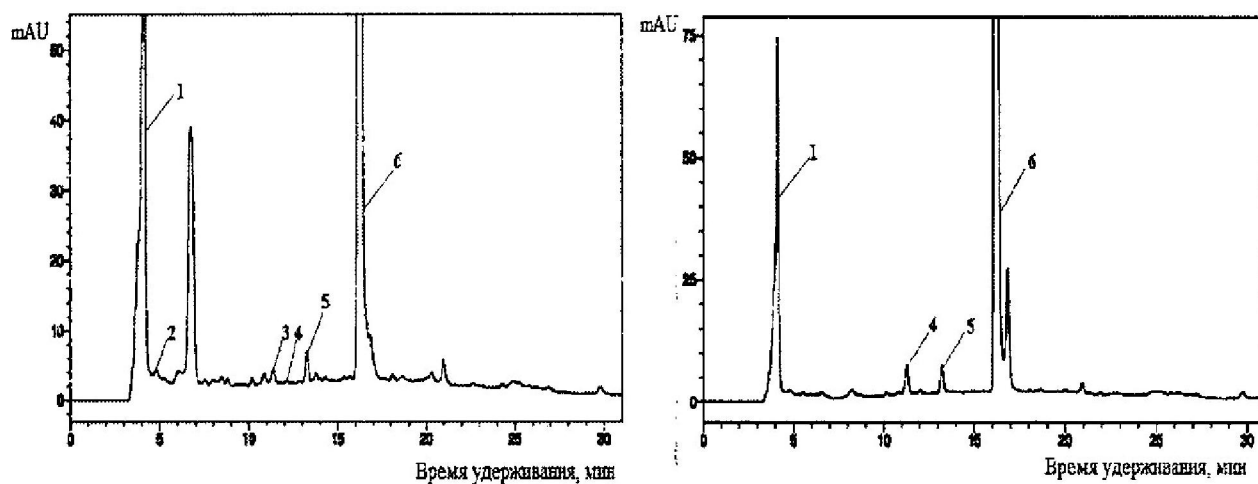


Рис. 8. ВЕЖХ – фенольних кислот препарату поліфенолів із пшеничних та житніх висівок: 1 – галова, 2 – протокатехова, 3 – 4-гідроксибензойна, 4 – хлорогенова, 5 – п-кумарова, 6 – ферулова кислоти.

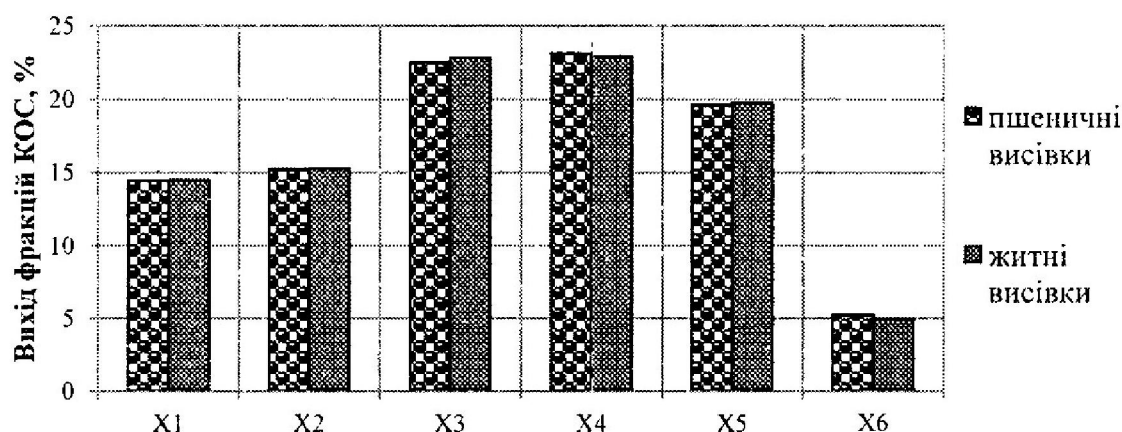


Рис. 9. Діаграма фракційного складу препаратів КОС із пшеничних та житніх висівок, отримана ТШХ: X1 – ксилоза, X2 – ксилобіоза, X3 – ксилотріоза, X4 – ксилотетроза, X5 – ксилопентоза, X6 – вищі КОС.

Встановлено, що препарат КОС і сироп БАР справляють стимулювальний вплив на ріст і розвиток пробіотичних культур, забезпечують накопичення $1,4 \cdot 10^{10}$ і $1,9 \cdot 10^9$ КУО/см³ *L. acidophilus* і $9,2 \cdot 10^{10}$ і $1,1 \cdot 10^{10}$ КУО/см³ *B. bifidum* і можуть бути використані як пребіотики.

Доведено, що залишок після ферментативної обробки висівок зернових комплексом ферментів являє собою концентрат з масовою часткою ХВ до 80 % і може бути використаний як самостійно, так і у вигляді добавки в харчові системи (табл. 6).

Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість комплексної переробки пшеничних і житніх висівок на БАР.

Таблиця 6

Хімічний склад харчових волокон із пшеничних та житніх висівок

($n = 3$, $P \geq 0,95$)

Показники, %	ХВ з пшеничних висівок, %	ХВ з житніх висівок, %
Вологість, %	10	10
Зола	3,2	3,5
Білок	3,6	3,9
Крохмаль	4,1	2,7
Харчові волокна	79,1	79,9
Лігнін	23,2	21,2
Моносахариди:		
Глюкоза	64,9	69,0
Ксилоза	19,8	17,5
Арабіноза	3,5	3,3

У четвертому розділі описано результати проведеної оптимізації і побудовано математичну модель процесу ферментативного перетворення компонентів висівок мультиферментним препаратом Viscozyme L.

Розроблено параметри дії Viscozyme L на біополімери висівок: масова частка в реакційному середовищі 0,001 %, рН 4, температура $(50 \pm 1) ^\circ\text{C}$, тривалість процесу 4 години, при цьому вихід поліфенолів становить 90 % від загального їх вмісту у вихідній сировині.

Розроблено поетапну біотехнологічну схему отримання БАР (ВБК, концентрату БАР, препарату КОС, препарату ПФ, концентрату ХВ) із пшеничних і житніх висівок, що включає: подрібнення та підготовку сировини, ферментативний гідроліз, центрифугування, фракціонування ферментолізатів, концентрування, висушування та оформлення готової продукції (рис. 10, 11).

Проведено дослідно-промислову апробацію розробленої біотехнології комплексного отримання функціональних інгредієнтів із зернової сировини на підприємстві ТОВ НВО «Аріадна» (м. Одеса) та в дослідно-промислових умовах на базі лабораторії технології фітопрепаратів ОНАХТ (м. Одеса). Наведено характеристику готових препаратів за органолептичними, фізико-хімічними, біологічними і мікробіологічними показниками. Отримані дані апробації підтверджують можливість комплексної переробки висівок у функціональні інгредієнти – препарат КОС «ПребіксилTM» і ПФ «ЗепофенTM» за розробленою технологією на серійному вітчизняному та зарубіжному обладнанні.

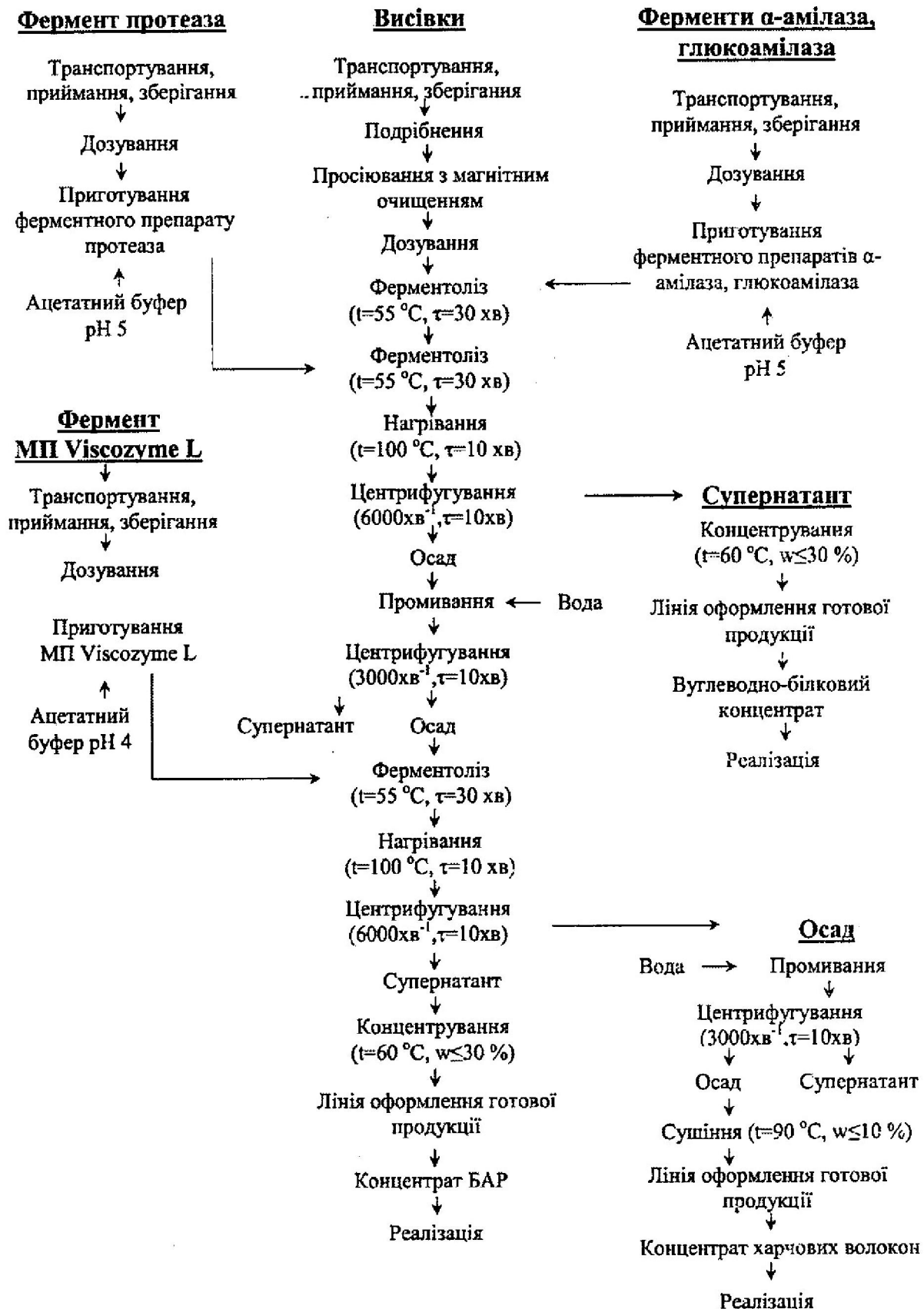


Рис. 10. Технологічна схема отримання функціональних інгредієнтів із зернової сировини.

Спирт етиловий 96 %**Концентрат БАР**Транспортування,
приймання, зберіганняТранспортування,
приймання, зберігання

Дозування

Фракціонування спиртом (1:3)

Центрифугування
($8000 \times v^{-1}$, $\tau=10 \times v$)

Супернатант

Спирт ← Відгонка спирту

Сушіння ($t=70^\circ\text{C}$, $w \leq 6\%$)Лінія оформлення готової
продукціїПрепарат поліфенолів
«Зепофен™»

Реалізація

ОсадСушіння
($t=70^\circ\text{C}$, $w \leq 8\%$)Лінія оформлення
готової продукціїПрепарат КОС
«Пребіксил™»

Реалізація

Рис. 11. Технологічна схема отримання функціональних харчових інгредієнтів «Зепофен™» та «Пребіксил™».

Розроблено нормативну документацію на отримання харчових інгредієнтів: препаратів КОС «Пребіксил™» (ТУ У 24.14 - 02071062 - 001: 2015 і ТІ) і ПФ «Зепофен™» (ТУ У 24.14 - 02071062 - 002: 2015 і ТІ).

Проведено медико-біологічні дослідження функціонального препарату «Зепофен™», встановлено, що цей препарат має високу антиоксидантну активність, не справляє негативного впливу на стан основних фізіологічних систем макроорганізму і може бути використаний як профілактично-лікувальна добавка.

Розраховано собівартість отриманих функціональних інгредієнтів на одиницю фасування: вуглеводно-білкового концентрату (1 кг) – 113,64 грн, концентрату БАР (100 г) – 68,34 грн, концентрату харчових волокон (1 кг) – 254,66 грн, препарату «Зепофен™» (25 г) – 1131,13 грн, препарату «Пребіксил™» (100 г) – 88,22 грн.

Наукова новизна досліджень захищена патентом України на корисну модель № 98933.

ВИСНОВКИ

На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено біотехнологію одержання функціональних інгредієнтів із зернової сировини шляхом її біомодифікації гідролітичними ферментами.

1. Проведено дослідження біохімічного складу пшеничних і житніх висівок, отриманих з різних зернопереробних підприємств України за 2011, 2012 і 2013 роки і встановлено, що він залежить від ґрунтово-кліматичних умов і способу отримання. До складу пшеничних та житніх висівок входять: білок – 15,6 % і 17,1 %, ЛГП – 21,9 % і 31,1 %, ТГП – 13,1 % і 17,0 %, ХВ – 39,1 % і 39,2 %, зола – 4,9 % і 5,2 %, ПФ – 3,61 мг/г і 3,74 мг/г відповідно. Показано, що висівки є багатокомпонентними субстратами, які містять 90 % біополімерів – потенційного джерела для отримання функціональних харчових інгредієнтів та БАР.

2. Проведено скринінг гідролітичних ферментів, визначено їх ферментативну активність: α -амілаза (*Bacillus subtilis*) – 2000 од./г препарату, глюкоамілаза (*Aspergillus awamori*) – 6000 од./г препарату, протеаза (*Bacillus subtilis*) – 70 од./г препарату, мультиферментний препарат Viscozyme L (*Aspergillus aculeatus*): β -глюканазної – 100 од./г, ксиланазної – 50 од./г, целюлазної – 70 од./г, пектинестеразної – 40 од./г та ферулоестеразна активність.

3. Теоретично обґрунтовано й експериментально встановлено параметри ферментативної модифікації біополімерів крохмалю і білка висівок: α -амілаза ($C = 0,001$ %), глюкоамілаза ($C = 0,0006$ %), протеаза ($C = 0,005$ %), ГМ 1:10, рН 5, $t = (55 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $\tau = 30$ хв.

4. Визначено, методом математичного моделювання, оптимальні параметри ферментолізу висівок мультиферментним препаратом Viscozyme L: $C = 0,001$ %, ГМ 1:10, рН 4, $t = (50 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $\tau = 4$ години. Максимальний вихід поліфенолів у зазначених умовах становить 90 % від вихідних у сировині.

5. Підібрані умови фракціонування ферментативних гідролізатів висівок. Максимальний вихід поліфенолів з концентрату досягається при співвідношенні концентрат: етиловий спирт 1:1, а вихід ксилоолігосахаридів становить більше 90 % при їх осадженні спиртом (співвідношення концентрат: етиловий спирт 1:3). Розроблено технологію отримання препаратів ксилоолігосахаридів та поліфенолів з висівок.

6. Отримані: вуглеводно-білковий концентрат із вмістом 70 % сухих речовин (35,6–43,4 % вуглеводів, 24,1–31,4 % сирого протеїну); концентрат БАР із вмістом 70 % сухих речовин (49,4 – 51,4 % КОС і 0,5 – 0,6 % ПФ); препарат ПФ «Зепофен™» із вмістом 94 % сухих речовин (90 – 90,8 % ПФ); препарат КОС «Пребіксил™» із вмістом 92 % сухих речовин (65,4 – 68 % КОС); концентрат ХВ із вмістом 90 % сухих речовин (79,1 – 79,9 % ХВ).

7. Визначені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості функціональних інгредієнтів та встановлені їх незначні зміни впродовж 24 місяців зберігання за температури $(18 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Проведено

медико-біологічні дослідження препарату ПФ «Зепофен™» і встановлено його високі антиоксидантні властивості.

8. Розроблена технологічна схема комплексної переробки пшеничних і житніх висівок. Отримані дані апробації, яку провели на підприємстві ТОВ НВО «Аріадна» (м. Одеса) та в дослідно-промислових умовах на базі лабораторії технології фітопрепаратів ОНАХТ (м. Одеса), підтверджують можливість комплексної переробки висівок у функціональні інгредієнти – препарат КОС «Прібіксил™» і ПФ «Зепофен™» за розробленою технологією на існуючому вітчизняному та зарубіжному обладнанні.

9. Розроблено проект нормативної документації на отримання функціональних інгредієнтів: препаратів КОС «Прібіксил™» і ПФ «Зепофен™». Собівартість отриманих функціональних інгредієнтів в порівнянні з існуючими аналогами всіх препаратів нижча на 50 %, а препарату «Зепофен™» на 10 %. Економічний ефект від впровадження розробленої технології становить – 645 тис. грн. Термін окупності проекту становить 1 рік 2 місяці.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Kaprelyants, L.V. Bioactive compounds and dietary fibers in new developed cereal products [Текст] / L.V. Kaprelyants, K.S. Fedosova, O.D. Zhurlova // Processing: traditional and improved flow charts, retention of nutrients and bioactive components “Tradition food international 2012”. – Cesena, 2012. – P. 127.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

2. Журлова, Е.Д. Энзиматическая обработка вторичных продуктов переработки зерна [Текст] / Е.Д. Журлова // Восьма Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток наукових досліджень 2012». – Полтава, 2012. – С. 33–35.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

3. Kaprelyants, L.V. Bioactive compounds and dietary fibers in new developed cereal products [Текст] / L.V. Kaprelyants, O.S. Voloshenko, O.D. Zhurlova // Зернові продукти і комбікорми. – №3. – 2012. – С. 17–21.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

4. Капрельянц, Л.В. Энзиматическая экстракция фенольных антиоксидантов из вторичных продуктов переработки зерна [Текст] / Л.В. Капрельянц, Е.А. Килименчук, Е.Д. Журлова // Зернові продукти і комбікорми. – № 4. – 2013. – С. 15–17.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

5. Капрельянц, Л.В. Фитокомпоненты зернового сырья: строение, свойства, применение [Текст] / Л.В. Капрельянц, Е.Д. Журлова // Харчова наука і технологія. – № 4. – 2013. – С. 3–7.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

6. Kaprelyants, L.V. Applications of enzymes in cereal raw materials processing [Текст] / L.V. Kaprelyants, E.A. Kilimenchuk, O.D. Zhurlova // Матеріали другого північного та східноєвропейського конгресу з харчової науки (NEEFood – 2013), м. Київ, 2013. – P. 213.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

7. Капрельянц, Л.В. Получение природных антиоксидантов путём энзиматической обработки вторичных продуктов переработки зерна [Текст] / Л.В. Капрельянц, Е.А. Килименчук, Е.Д. Журлова // IX Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток наукових досліджень 2013» (м. Полтава, 2013). – С. 28–30.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

8. Капрельянц, Л.В. Ферментативная экстракция антиоксидантов из вторичных продуктов переработки зерна [Текст] / Л.В. Капрельянц, Е.А. Килименчук, Е.Д. Журлова // I Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Актуальні питання сучасної аграрної науки», м. Умань, 2013. – С. 154–155.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

9. Капрельянц, Л.В. Энзиматическое получение функциональных ингредиентов из зернового сырья [Текст] / Л.В. Капрельянц, Е.Д. Журлова // IX Международная научная конференция студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», (г. Могилев, 2014). – С. 88.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

10. Kaprelyants, L.V. Biotechnological approaches for the production of functional foods and supplements from cereal raw materials processing [Текст] / L.V. Kaprelyants, O.D. Zhurlova // Харчова наука і технологія. – №2 (27). – 2014. – С. 15–19.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

11. Килименчук, О.О. Масло амаранту – стимулятор росту лактобацил [Текст] / О.О. Килименчук, Г.Й. Євдокимова, О.Д. Журлова // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 46, Т. 2. – 2014. – С. 152–155.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

12. Капрельянц, Л.В. Исследование пребиотической активности ксилоолигосахаридов из пшеничных и ржаных отрубей *in vitro* [Текст] / Л.В. Капрельянц, Е.Д. Журлова // ScienceRise. – Vol. 4/1 (9). – 2015. – С. 79–84.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

13. Капрельянц, Л.В. Розробка біотехнології отримання функціональних інгредієнтів із зернової сировини [Текст] / Л.В. Капрельянц, О.Д. Журлова // Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів. – Одеса, 2015. – С. 57–58.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

14. Пат. на корисну модель № 98933, МПК (2015) A23K 1/14 (2006.01). Спосіб одержання концентрату поліфенолів [Текст] / Л.В. Капрельянц, О.Д. Журлова; власник Одес. нац. акад. харч. технологій. – № u 2014 13127; Заявл. 06.12.2014, Опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалу до друку.

АНОТАЦІЯ

Журлова О. Д. Розробка біотехнології функціональних інгредієнтів із зернової сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2015 р.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню і розробці комплексної переробки вторинних продуктів переробки зерна у функціонально фізіологічні інгредієнти.

Досліджено біохімічний склад пшеничних і житніх висівок, на підставі чого зроблено висновки про можливість їх використання як джерела для виробництва функціонально фізіологічних інгредієнтів.

Обрано ферментні препарати, які здатні активно проводити деградацію полісубстратного комплексу висівок – α -амілаза, глюкоамілаза, протеаза, мультиферментний препарат Viscozyme L. В умовах експерименту визначено оптимальні умови ферментолізу пшеничних і житніх висівок, за яких вихід цільових компонентів набуває максимуму. Охарактеризовано біохімічний склад та фізіологічні властивості отриманих ферментолізатів пшеничних і житніх висівок, які підтверджують доцільність використання методів біомодифікації для вилучення вуглеводно-білкової суміші, поліфенолів, ксилоолігосахаридів та активованих харчових волокон.

Оптимізовано параметри процесу ферментолізу пшеничних і житніх висівок. Розроблено та економічно обґрунтовано технології отримання вуглеводно-білкового концентрату, сиропу БАВ, препарату ксилоолігосахаридів «Пребіксил[™]» та препарату поліфенолів «Зепофен[™]». Медико-біологічними дослідженнями доведено безпеку та ефективність використання препарату поліфенолів «Зепофен[™]» як антиоксиданта.

Ключові слова: пшеничні та житні висівки, ферментативний гідроліз, ксилоолігосахариди, поліфеноли, харчові волокна.

АННОТАЦИЯ

Журлова Е. Д. Разработка биотехнологии функциональных ингредиентов из зернового сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.00.20 – биотехнология. Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2015.

Диссертация посвящена научному обоснованию и разработке комплексной переработки вторичных продуктов переработки зерна в функционально физиологические ингредиенты.

На первом этапе работы исследован биохимический состав пшеничных и ржаных отрубей, полученных с разных зерноперерабатывающих предприятий Украины за 2011, 2012 и 2013 года, и изучена возможность их

использования в качестве источника для производства функционально физиологических ингредиентов, на основании которых совершен выбор ферментных препаратов, а также определение их активностей.

Установлены оптимальные параметры процесса ферментализации отрубей для получения углеводно-белкового концентрата (ГМ 10, pH 5, $T = (55 \pm 1)^\circ\text{C}$, продолжительность 60 мин, с (α -амилаза) = 0,001 %, с (глюкоамилаза) = 0,0006 %, с (протеаза) = 0,005 %). Изучены и определены оптимальные условия второго этапа ферментализации отрубей мультиферментным препаратом Viscozyme L для получения ксилоолигосахаридов (КОС), полифенолов и активированных пищевых волокон (ГМ 10, pH 4, $T = (50 \pm 1)^\circ\text{C}$, с (Viscozyme L) = 0,001 %, продолжительность 4 часа).

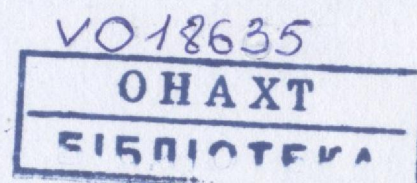
Исследовано влияние степени измельчения отрубей на выход полифенолов и КОС при ферментативном гидролизе. Установлено, что размер частиц отрубей 750 мкм дает максимальный выход полифенолов (90 % пшеничные, 91 % ржаные) и КОС (86,6 % пшеничные, 86,2 % ржаные).

Охарактеризован биохимический состав полученных ферментализатов пшеничных и ржаных отрубей, подтверждающий целесообразность использования методов биомодификации для извлечения углеводно-белковой смеси, полифенолов, ксилоолигосахаридов и активированных пищевых волокон.

Исследован процесс фракционирования полифенолов и КОС из ферментализатов отрубей. Установлено, что соотношение (концентрат БАВ : этиловый спирт) 1:3 позволяет получить водно-спиртовой экстракт полифенолов и осадить водорастворимые КОС. Характеристику полученных препаратов полифенолов и КОС проводили хроматографическими методами. В препаратах полифенолов преобладающей является феруловая кислота, а в препаратах КОС — ксилотриозы и ксилотетрозы, обладающие самым высоким пребиотическим эффектом среди прочих КОС.

Антиоксидантные свойства полифенолов отрубей определяли методом антирадикального анализа, основанным на способности препаратов антиоксидантов отдавать подвижный атом водорода или электрон стабильному свободному радикалу 2,2'-дифенилпикрилгидразилу в спиртовом растворе. Для препарата полифенолов, полученного из пшеничных отрубей, показатель антиоксидантной активности составил 1270 у.е.а./мл, для препарата полифенолов из ржаных отрубей — 1116,3 у.е.а./мл, соответственно.

Использование препарата КОС и концентрата БАВ, пшеничных и ржаных отрубей в качестве пребиотика показало высокое стимулирующее действие на рост пробиотических культур *L. acidophilus* и *B. bifidum*, сравнимое с классическим пребиотиком лактулозой. Количество клеток *L. acidophilus* и *B. bifidum*, выросших на среде с добавлением препарата КОС, составило $1,4 \cdot 10^{10}$ КОЕ/см³ и $9,2 \cdot 10^{10}$ КОЕ/см³. Количество клеток *L. acidophilus* и *B. bifidum*, выросших на среде с добавлением сиропа БАВ, составило $1,9 \cdot 10^9$ КОЕ/см³ и $1,1 \cdot 10^{10}$ КОЕ/см³.



Медико-биологические исследования проводили на базе научно-исследовательского института медицины транспорта Украины. В качестве модели использовали субхроническую интоксикацию животных эпихлоргидрином, вводимая доза препарата полифенолов была лечебной (2,1 мл/кг) и выбрана по аналогии с человеком (450 мг/день). Введение препарата полифенолов «Зепофен™» на фоне индукции эпихлоргидрином развития оксидативного стресса показало эффективность и безопасность применения данного препарата как антиоксиданта.

Оптимизированы параметры процесса ферментативного гидролиза пшеничных и ржаных отрубей мультиферментным препаратом Viscozyme L с помощью методов математического моделирования. Разработаны и экономически обоснованы технологии получения функциональных пищевых ингредиентов: углеводно-белковый продукт, сироп КОС и полифенолов, препарат КОС «Пребиксил™», препарат полифенолов «Зепофен™».

Изучены органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества полученных функциональных ингредиентов. Показано, что препараты КОС «Пребиксил™» и полифенолов «Зепофен™» могут храниться 24 месяца при температуре $(18 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Разработан проект нормативной документации на получение функциональных пищевых ингредиентов из зернового сырья: препаратов КОС «Пребиксил™» (ТУ У 24.14 - 02071062 - 001: 2015 и ТИ) и ПФ «Зепофен™» (ТУ У 24.14 - 02071062 - 002: 2015 и ТИ).

Проведена промышленная апробация разработанной технологии, которая подтвердила возможность выпуска препарата полифенолов «Зепофен™» и препарата КОС «Пребиксил™» на промышленной базе предприятия ООО НПО «Ариадна» (г. Одесса) и в лаборатории технологии фитопрепаратов ОНАПТ (г. Одесса).

Рассчитана себестоимость полученных функциональных ингредиентов. Срок окупаемости проекта составляет 1 год 2 месяца.

Ключевые слова: пшеничные и ржаные отруби, ферментативный гидролиз, ксилоолигосахариды, полифенолы, пищевые волокна.

ANNOTATION

Zhurlova O. D. Development of biotechnology of functional ingredients from grain materials. – Manuscript.

The thesis for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 03.00.20 – biotechnology. – Odessa National Academy of Food Technologies, the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2015.

The dissertation was devoted to scientific substantiation and development of complex processing of secondary products of grain processing into physiological functional ingredients.

Investigated the biochemical composition of wheat and rye bran whereby conclusions about the possibility of their use as the sources for production of the functional physiological ingredients.

Chosen enzymes that are able to actively pursue degradation of the bran's polysubstrate complex – α -amylase, glucoamylase, protease, multienzyme preparation Viscozyme L. In the experiment the optimal conditions enzyme hydrolysis of wheat and rye bran, which yield components becomes maximum. Characterized a biochemical composition and physiological properties of the fermentation liquid of wheat and rye bran, which supports the use of methods of biotransformation into extract carbohydrate-protein mixture, polyphenols, xylooligosaccharides and activated dietary fiber.

Optimized processing parameters of enzyme hydrolysis of wheat and rye bran. Developed and economically justified technologies of carbohydrate-protein concentrate, syrup of xylooligosaccharides and polyphenols preparation of xylooligosaccharides "Prebiksyl" and preparation of polyphenols "Zepofen". Biomedical studies have shown the safety and effectiveness of preparation of polyphenols "Zepofen" as antioxidant.

Keywords: Wheat and rye bran, enzymatic hydrolysis, xylooligosaccharides, polyphenols, dietary fiber.