

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

БУРАНОВА СВІТЛАНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 664.53:631.53.02

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГОЛОЗЕРНОГО ВІВСА
ТА МЕТОДИ ЙОГО ЗБЕРІГАННЯ**

Спеціальність 05.18.01 – зберігання і технологія переробки зерна,
виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій

Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Станкевич Георгій Миколайович,
Одеська національна академія харчових
технологій, кафедра технології зберігання зерна,
завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: доктор сільсько-господарських наук, професор
Подобсд Леонід Іларіонович,
Інститут тваринництва УААН, головний науковий
співробітник.
кандидат технічних наук, доцент
Шутенко Євгеній Іванович,
Одеська національна академія харчових
технологій, кафедра технології переробки зерна, доцент

Захист відбудеться «07» грудня 2010 року о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 в Одеській національній академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112, в ауд. А-234.

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

Автореферат розісланий «05» листопада 2010 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор

К.Г. Іоргачова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Голозерний овес для ринку України – культура порівняно нова. Завдяки своїм властивостям, вона має перспективу широкого використання як у годуванні тварин, так і в харчуванні людини. Завдяки усуненню головного недоліку вівса плівчастого – твердої плівки, витрати на переробку вівса голозерного значно зменшилися, а отже, відповідно, зріс і попит на нього у виробників. Але саме тут і криється головна проблема. Свіжозібране зерно голозерного вівса з поля потрапляє на хлібоприймальні підприємства та заготівельні елеватори, де остаточно формується його якість. Однак на сьогодні післязбиральна обробка і зберігання проводяться за стандартами і нормативами, розробленими для плівчастого вівса. Це, звичайно, призводить до кількісних та якісних втрат врожаю голозерного вівса, адже за рахунок вірно підібраним режимам очищення, активного вентилявання, сушіння та зберігання можна було б запобігти втратам врожаю та поліпшити якість зібраного зерна голозерного вівса.

Тому дослідження технологічних властивостей голозерного вівса та розробка на їх основі науково обґрунтованих раціональних режимів очищення, активного вентилявання, сушіння, а також розробка рекомендацій з технології післязбиральної обробки та зберігання голозерного вівса визначають актуальність теми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до теми № 1/07-ТЗЗ держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології зберігання зерна Одеської національної академії харчових технологій “Підвищення ефективності технологічних процесів в елеваторній промисловості”.

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є покращення технологічних властивостей голозерного вівса та підвищення ефективності технології його післязбиральної обробки і зберігання.

Для досягнення поставленої мети визначені такі основні задачі дослідження:

– дослідити фізико-механічні, аеродинамічні, технологічні властивості, гранулометричні та теплофізичні характеристики голозерного вівса в залежності від вологості зерна;

– дослідити гігроскопічні властивості голозерного вівса в залежності від температури та відносної вологості повітря;

– визначити інтенсивність дихання голозерного вівса та його залежність від вологості зерна;

- визначити хімічний склад голозерного вівса та його зміни у процесі зберігання; встановити особливості хімічного складу різних за крупністю фракції вівса;
- дослідити процес очищення зерна вівса голозерного від домішок та розробити удосконалену технологічну схему лінії очищення;
- встановити питомі витрати повітря на активне вентилявання вівса голозерного та на його охолодження;
- дослідити кінетику конвективного та мікрохвильового сушіння вівса голозерного в залежності від параметрів зерна та режимів сушіння;
- дослідити закономірності зміни мікрофлори зерна вівса голозерного у процесі зберігання;
- розробити удосконалену технологічну схему післязбиральної обробки та зберігання вівса голозерного та рекомендації з підвищення ефективності її роботи;
- визначити економічну ефективність від впровадження рекомендацій роботи.

Об'єкт досліджень – технологія та процеси післязбиральної обробки і зберігання голозерного вівса.

Предмет досліджень – зерно голозерного вівса різних сортів та років вирощування.

Методи досліджень – аналітичні, фізичні, хімічні, мікробіологічні, загально прийняті та спеціальні з використанням сучасних приладів і обладнання.

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень голозерного вівса різних сортів:

- визначені основні фізико-механічні, аеродинамічні і технологічні властивості, теплофізичні та гранулометричні характеристики голозерного вівса в залежності від вологості зерна;
- визначено гігроскопічні характеристики голозерного вівса та закономірності їх зміни від параметрів повітря;
- встановлено закономірності кількісних змін інтенсивності дихання голозерного вівса в залежності від вологості та температури зерна;
- встановлено особливості хімічного складу голозерного вівса різних сортів і різних за крупністю його фракцій;
- визначено питомі витрати повітря на активне вентилявання вівса голозерного та на його охолодження;
- встановлено закономірності кінетики конвективного та мікрохвильового сушіння вівса голозерного в залежності від параметрів зерна та режимів сушіння;

– науково обґрунтована удосконалена технологія післязбиральної обробки зерна та зберігання голозерного вівса на основі особливостей його технологічних властивостей та хімічного складу;

– встановлено закономірності зміни мікрофлори зерна вівса голозерного у процесі зберігання.

Практичне значення отриманих результатів

На основі теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтовано та удосконалено технологію післязбиральної обробки і зберігання вівса голозерного, яка дозволяє поліпшити ефективність технологічних процесів очищення, активного вентилявання, сушіння та гарантувати надійне зберігання голозерного вівса. Ефективність технологічних операцій очищення, сушіння та зберігання вівса голозерного перевірені у виробничих умовах СТОВ «Петродолинське» та ДП ДАК «Хліб України» «Новоукраїнський комбінат хлібопродуктів» і можуть бути рекомендовані для використання на зернозаготівельних підприємства України.

Особистий внесок здобувача. Автор особисто організував і здійснив аналітичні та експериментальні дослідження в лабораторних умовах, провів аналіз та обробку одержаних результатів, сформулював висновки і рекомендації, підготував матеріали досліджень до публікації, брав участь в апробації результатів та рекомендацій роботи у промислових умовах. Особистий внесок здобувача підтверджено наданими документами та науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на щорічних наукових конференції Одеської національної академії харчових технологій (Одеса, 2007–2009 рр.), на Міжнародних науково-практичних конференціях “Хлібопродукти-2007”, “Хлібопродукти-2008”, “Хлібопродукти-2009” (Одеса), на науково-практичній конференції з міжнародною участю, присвяченій 115-річчю з дня народження проф. П.Г. Демидова (Одеса, 2008 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладено в 10 статтях, з яких 7 – у наукових фахових виданнях, 2 – у наукових працях молодих вчених, 1 – у матеріалах науково-практичної конференції.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, що включає 143 найменування (14 стор.), і 7 додатків (33 стор.). Роботу викладено на 131 стор., включаючи 31 рисунок (12 стор.), 36 таблиць (16 стор.).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми, сформульовано мету роботи та завдання досліджень, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації, визначено особистий внесок здобувача в проведених дослідженнях та публікаціях за темою дисертаційної роботи.

Перший розділ “Сучасний стан та проблеми первинної обробки і зберігання зерна вівса голозерного” є оглядом літературних і патентних джерел. Показана цінність нової культури. Наведено аналіз наукових публікацій, що стосуються технологічних властивостей вівса голозерного, процесів його первинної обробки та зберігання. Встановлено, що технологічні властивості вівса голозерного вивчені недостатньо, не виявлено їх зміни від вологості зерна та інших чинників. Режими післязбиральної обробки та зберігання вівса голозерного науково не обґрунтовані та обрані за аналогією з плівчастим вівсом, пшеницею і житом без урахування відмінностей у технологічних властивостях. Показано, що дослідження технологічних властивостей голозерного вівса і розробка удосконаленої ефективною технології його післязбиральної обробки та гарантованого зберігання є актуальною задачею сьогодення. На основі проведеного аналізу сформульовано мету та основні задачі дисертаційної роботи.

У **другому розділі** “Об’єкти та методики досліджень” обґрунтовано вибір об’єктів та напрямку досліджень, описані експериментальні установки для визначення фізико-механічних, аеродинамічних властивостей, гранулометричного складу, теплофізичних і гігроскопічних характеристик голозерного вівса та дослідження окремих процесів його післязбиральної обробки. Предметом досліджень обрано голозерний овес різних сортів (Вандровник, Білоруський, Гоша, Кеша) та різного походження (Полтавська, Кіровоградська та Одеська області). Основні етапи роботи відображено у програмі досліджень на рис. 1.

У **третьому розділі** “Дослідження технологічних властивостей вівса голозерного” визначено фізико-механічні властивості (ФМВ) голозерного вівса Полтавської і Кіровоградської областей, сортів Вандровник, Білоруський, Гоша, Кеша. Всі сорти голозерного вівса схожі за своїми ФМВ, але у порівнянні з плівчастим вівсом суттєво відрізняються. Особливо різниця помітна при порівнянні кута природного укусу, який характеризує сипкість та за яким можна прогнозувати поведінку зернових мас при переміщенні його на конвеєрах, у самопливах, в бункерах та ін. Показано, що сипкість голозерного вівса краща, ніж у плівчастого.

Вивчено вплив вологості зерна на ФМВ голозерного вівса різних сортів. Встановлено, що зі збільшенням вологості вівса зменшується натура, незначно зростають маса 1000 зерен та коефіцієнти зовнішнього тертя спокою та руху (табл. 1). Аналогічні дані отримані і для інших сортів вівса.

На основі досліджень гранулометричного складу голозерного вівса різних сортів визначено ряд статистичних характеристик їх розмірів по довжині, товщині та ширині — середнє арифметичне, медіану M_e , моду M_o , дисперсію S^2 , середньоквадратичне відхилення S ; коефіцієнти варіації V , асиметрії A , ексцесу E , а також стандартні похибки їх визначення. Встановлено, що зі збільшенням вологості спостерігається збільшення розмірів зернівок лише за довжиною (рис. 2), за товщиною і шириною вони практично не змінюються.

На основі спільного аналізу досліджених ФМВ та визначених гранулометричних характеристик методом найменших квадратів був визначений один із важливих показників зернівок — коефіцієнт форми, який склав $K_f = 0,415 \pm 0,029$ та практично співпав з відомим значенням для жита і вівса півчастого (0,42). Використовуючи значення коефіцієнта форми K_f , були розраховані деякі інші важливі для практики геометричні характеристики зернин вівса голозерного — об'єм V , площа зовнішньої поверхні F , сферичність ψ , відношення V/F та ін.

На наступному етапі досліджені аеродинамічні властивості та зміна опору шару зерна вівса голозерного в залежності від його вологості, висоти шару та швидкості потоку повітря, оскільки вони мають суттєве значення для удосконалення процесу активного вентилявання та сушіння, зокрема для визначення необхідних параметрів вентиляторів сушарок і устаткування активного вентилявання при їх проектуванні чи реконструкції.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості вівса голозерного сорту Білоруський (n=3, p≥0,95)

Назва показника	Досліджуваний зразок зерна				
Масова частка вологи, %	10,1	18,0	20,0	22,0	26,0
Натура, г/дм ³	681	616	614	613	609
Маса 1000 зерен, г	17,5	19,2	19,5	20,8	22,0
Істинний об'єм 1000 зерен, см ³	14	15,0	15,5	16,0	17,0
Шпаруватість, %	45,5	51,9	51,2	52,8	52,9
Щільність укладення, %	54,5	48,1	48,8	47,2	47,1
Кут природного укусу, град	30	31	33	35	37
Коефіцієнти зовнішнього тертя спокою:					
- по пластмасі	0,344	0,364	0,384	0,424	0,445
- по сталі	0,364	0,384	0,404	0,445	0,466
- по гумі	0,384	0,424	0,424	0,466	0,488

Коефіцієнти зовнішнього тертя в стані руху	0,23	0,26	0,32	0,37	0,40
--	------	------	------	------	------

Встановлено залежність швидкості витання $v_{\text{вит}}$ голозерного вівса від його вологості w у вигляді лінійного рівняння

$$v_{\text{вит}} = 7,02 + 0,12w.$$

Показано (рис. 3), що зі збільшенням швидкості потоку повітря опір шару зерна, незалежно від його висоти, збільшується за степеневим законом. З підвищенням вологості зерна опір шару зменшується, з чого можна зробити висновок, що сире та вологе зерно можна вентилювати у насипах з більшою висотою ніж сухе, або ж, при незмінній висоті насипу, для вентилювання сирого і вологого зерна можна використовувати менш потужні вентилятори, ніж для сухого.

Величину аеродинамічного опору зернового шару $\Delta P_{\text{ш}}$ (Па) можна визначити за емпіричною формулою Рамзіна

$$\Delta P_{\text{ш}} = 9,8Ahv_{\text{ум}}^n,$$

де A і n емпіричні коефіцієнти, які залежать від культури та для голозерного вівса не встановлені.

На основі результатів наших експериментальних даних методом найменших квадратів нами було визначено, що коефіцієнт n для голозерного вівса дорівнює 1,428, а коефіцієнт A є функцією вологості зерна $A=1,780-0,002w$. Використовуючи значення A та n , за формулою Рамзіна можна визначати аеродинамічний опір зернового шару голозерного вівса при його активному вентилюванні чи сушінні.

Теплофізичні властивості зерна мають важливе значення у розрахунках теплових процесів післязбиральної обробки (активне вентилювання, сушіння, охолодження) та зберіганні зерна. Методом вистигаючої пластини було визначено теплофізичні характеристики (ТФХ) голозерного вівса — питому теплоємність c , коефіцієнти температуропровідності a , теплопровідності λ і теплової активності ϵ . В результаті обробки експериментальних даних та їх узагальнення отримано емпіричні рівняння залежності ТФХ від вологості зерна голозерного вівса:

питома теплоємність

$$c = 1501 + 22,8w, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К});$$

коефіцієнт температуропровідності

$$a \cdot 10^8 = 15,7 - 0,098w, \text{ м}^2/\text{с};$$

коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda = 0,154 + 0,00058w, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$$

коефіцієнт теплової активності

$$\varepsilon = 386,3 + 3,0w, \text{ Дж}/(\text{м}^2\text{К}\cdot\text{с}^{-0,5}),$$

де w – вологість голозерного вівса, %.

Рівняння справедливі для інтервалу вологості вівса 10,4...22,9 %.

Для обґрунтування раціональних режимів активного вентилявання, сушіння та зберігання голозерного вівса важливе значення мають його гігроскопічні властивості, тобто здатність поглинати чи віддавати вологу у зовнішнє середовище. Проведені нами дослідження дозволили визначити рівноважну вологість голозерного вівса в залежності від температури та відносної вологості повітря зовнішнього середовища (рис. 4).

Встановлена залежність рівноважної вологості зерна від температури та відносної вологості зовнішнього середовища:

$$w_p = 4,05 - 0,04t + 0,18\phi, \text{ \%},$$

де t, ϕ – температура та відносна вологість зовнішнього середовища, відповідно °C та %.

Дослідження показали, що в діапазоні температур повітря 5...25°C та його відносної вологості $\phi = 40$ % овес голозерний досягає рівноважної вологості 10,2...11,0 % за рахунок десорбції протягом 34...40 діб зберігання. При зберіганні вівса за цих же температурних умов, але при підвищеній відносній вологості повітря ($\phi = 90$ %), зерно за рахунок сорбції досягає рівноважної вологості 19,0...19,8 %.

Порівняльні дослідження хімічного складу голозерного вівса різних сортів показали, що сорти особливо не відрізняються між собою, однак є різниця між голозерним та плівчастим вівсом. Так, у голозерного вівса вміст сирого протеїну коливається в межах 15,18...16,63 %, що суттєво перевищує його вміст у вівсі плівчастому та в інших зернових культурах. Особливо привабливий голозерний овес у порівнянні з плівчастим за вмістом клітковини, якої у ньому значно менше — 2,11...2,75 % у голозерному вівсі проти 10,3...11,15 % — у плівчастому.

Був досліджений також амінокислотний склад вівса голозерного, вирощеного у Полтавській і Кіровоградській областях, у порівнянні з амінокислотним складом інших зернових культур (табл. 2). Встановлено, що у голозерному вівсі — високий вміст важливих незамінних амінокислот, у тому числі лізину, треонину, метіоніну, ізолейцину та триптофану, який у 1,5...2 рази більший, ніж у інших зернових культур.

У **четвертому розділі** «Дослідження режимів очищення, активного вентилявання, сушіння та зберігання вівса голозерного» обґрунтовано режими очищення, активного вентилявання, сушіння голозерного вівса; наведено вплив умов зберігання на хімічний склад зерна голозерного вівса, розвиток бактеріальної і грибної мікрофлори, інтенсивності

дихання; наведено удосконалену технологічну схему післязбиральної обробки та зберігання зерна голозерного вівса.

Таблиця 2

Порівняльний амінокислотний склад вівса голозерного та інших зернових культур, % від загального вмісту білка (n=3, p≥0,95)

Амінокислоти	Овес голозерний		Літературні дані			
	Полтавськ а обл.	Кіровоград ська обл.	Овес плівчастий	Ячмінь	Пшениця	Жито
Аспарагінова кислота	10,85	12,35	5,6	6,84	4,98	6,92
Треонін	4,17	4,61	3,9	3,12	2,68	3,06
Серин	5,66	6,44	4,2	4,95	3,90	3,81
Глютамінова кислота	25,64	29,12	8,5	27,51	31,18	24,95
Пролін	4,29	7,27	3,8	7,05	9,46	11,00
Гліцин	6,43	7,10	–	4,17	3,66	3,76
Аланін	6,09	6,89	–	5,17	3,62	4,56
Валін	6,66	7,80	5,1	5,05	4,11	4,55
Ізолейцин	5,00	5,80	3,8	3,29	3,53	3,57
Лейцин	9,65	11,06	8,0	7,33	6,38	6,36
Тирозин	4,17	4,61	3,3	3,25	2,46	1,99
Фенілаланін	6,22	7,34	4,8	4,72	4,48	4,62
Гістидин	2,87	3,27	2,1	1,97	2,25	2,25
Лізін	5,12	5,73	3,3	3,05	3,00	4,09
Аргінін	9,59	11,06	6,5	9,36	4,36	4,79
Метіонін	2,17	2,76	1,8	0,28	–	–
Цистин	3,49	3,84	2,0	0,50	–	–

Для обґрунтування раціональних розмірів та форми отворів сит для ефективного очищення зерна голозерного вівса було проведено ситовий аналіз, у якому просіювали дослідні зразки зернових мас крізь систему послідовних сит із прямокутними (3,4x20...1,2x20 мм) та круглими отворами (Ø6,0...1,0 мм). На підставі отриманих даних будували кореляційні таблиці, у якій зерно основної культури і сміттєві домішки розділяли на класи за розмірами, та виявляли характерні закономірності у розходженнях за обраними ознаками між основним зерном і домішками, що виділяються.

Аналіз отриманих результатів показав, що вміст сміттєвої домішки у досліджуваних зразках складає 3,01...5,68 %. Найбільш засміченим виявився зразок вівса голозерного сорту

Білоруський. Зерно вівса голозерного достатньо виповнене, тому 51,78...63,56 % зерна отримується сходом сита з отворами 2,0x20 мм, мілке зерно – сходом сита з отворами Ø1,5 мм. Сміттева домішка отримується сходом сита з отворами 2,8x20 мм та проходом сита з отворами Ø1,5 мм.

Для прогнозування можливості розділення зернових мас вівса голозерного від різноманітних домішок запропоновано використовувати статистичні характеристики розмірів зерна і домішок та розраховувати коефіцієнт трансгресії T , який являє собою частку площі взаємного проникнення (сумісної для розподілу) до загальної площі, тобто визначає міру подільності суміші:

$$T = \frac{m_1 P_1 + m_2 P_2}{m_1 + m_2}, \quad (2)$$

де m_1, m_2 – масові частки компонентів 1 і 2 (зерна вівса та домішок);

P_1, P_2 – частки площі взаємного (сумісного) перекриття розподілу компонентів 1 і 2. У випадку нормального закону розподілу P_1 і P_2 визначають за таблицею значень нормованої функції Лапласа:

$$P_1 = 0,5 \pm \Phi(t_1); \quad t_1 = \left| \frac{x_{2 \min} - x_{1 \text{сеп}}}{s_1} \right|; \quad P_2 = 0,5 \pm \Phi(t_2); \quad t_2 = \left| \frac{x_{1 \max} - x_{2 \text{сеп}}}{s_2} \right|,$$

де $\Phi(t)$ – значення функції Лапласа;

t_1, t_2 – нормовані величини нормального розподілу;

$x_{1 \text{сеп}}, x_{2 \text{сеп}}$ – середні значення розмірів компонентів 1 і 2:

$$x_{2 \min} = x_{2 \text{сеп}} - 3s_2; \quad x_{1 \max} = x_{1 \text{сеп}} + 3s_1;$$

s_1, s_2 – середньоквадратичні відхилення розмірів компонентів 1 і 2.

В наведених формулах знак (+) визначається умовою $x_{1 \text{сеп}} - x_{2 \min} > 0$ та $x_{1 \max} - x_{2 \text{сеп}} > 0$; за протилежних умов приймається знак (–).

Для можливості виконання розрахунків за наведеними формулами на ЕОМ в середовищі табличного процесора Microsoft Excel, який є на кожному хлібоприймальному підприємстві, нами розроблена база даних значень функції Лапласа з процедурою табличного інтерполювання та база статистичних характеристик найбільш поширених дикорослих рослин. Це дозволяє за отриманим значенням коефіцієнта трансгресії, не виконуючи побудову варіаційних кривих, прогнозувати ефективність очищення вівса від конкретної домішки.

Проведені розрахунки показали, що за довжиною або товщиною можна практично повністю (на 98,84...100 %) виділити просо крупноплідне, гірчицю польову. Щетинник зелений практично повністю можна виділити за всіма ознаками. Пшениця може бути

виділена за довжиною тільки на 4,04 %, амброзію можна виділити за товщиною на 8,86 %, а дурнишник взагалі не вилучається.

На основі результатів проведених досліджень розроблена технологічна схема триетапного очищення голозерного вівса. На першому етапі вилучаються грубі домішки, на другому — виділяється частина крупної фракції, яка очищається від крупних домішок, на третьому — йде розділення на крупну і дрібну фракцію, які відрізняються своїм хімічним складом, та очистка від дрібної домішки.

Очищення голозерного вівса від грубих домішок рекомендовано на скальператорі А1-БЗО зі стандартними отворами в ситі. Відділення крупних, дрібних і легких домішок проводиться за допомогою двох послідовно установлених повітряно-ситових сепараторів БСХ-100 з вказаними вище розмірами отворів в ситах.

Як відомо, активне вентилявання зерна дозволяє за умов відносно невисоких виробничих витрат значно підвищити рівень гарантованого збереження кількісно-якісних характеристик зернових мас. Для правильної організації активного вентилявання зерна голозерного вівса було встановлено питомі витрати повітря та тривалість процесу вентилявання, що дозволить запобігти зволоженню верхніх шарів зерна чи, навпаки, пересушуванню нижніх шарів зерна та перевитрат електроенергії. Необхідну кількість повітря, яке необхідне для охолодження зерна при заданій різниці його температур, та тривалість вентилявання можна визначити за формулами:

$$V = \frac{c_3 m_3 (\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{к}})}{c_{\text{п}} \rho (t_{\text{п}} - t_{\text{к}})} = \frac{c_3}{c_{\text{п}} \rho} m_3, \quad \tau = \frac{1000 c_3 m_3 (\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{к}})}{q m_{\text{п}} \rho (I_{\text{к}} - I_{\text{п}})},$$

де m_3 — маса зерна, кг; $c_{\text{п}}$ — питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К); c_3 — питома теплоємність зерна, кДж/(кг·К); $\theta_{\text{п}}$, $\theta_{\text{к}}$ — температура зернової маси перед вентиляванням і після вентилявання відповідно; ρ — густина повітря при його температурі, кг/м³;

τ — тривалість охолодження, год; 1000 — коефіцієнт переводу кілограмів в тонни; q — питома подача повітря, м³/(год·т); $I_{\text{п}}$, $I_{\text{к}}$ — ентальпія повітря відповідно на вході в зернову масу та на виході з неї, Дж/кг; $m_{\text{п}}$ — маса повітря, кг.

Питомі витрати повітря на активне вентилявання голозерного вівса, визначені за наведеним виразом, знаходяться в межах 1554...1790 м³/т. Враховуючи нерівномірний розподіл повітря у зерновому насипу питому подачу повітря на активне вентилявання зерна рекомендується збільшити на 20 % та довести її до 1800...2000 м³/т.

Для обґрунтування раціональних режимів сушіння зерна голозерного вівса, були проведені дослідження кінетики конвективного та мікрохвильового сушіння.

При дослідженні конвективного сушіння за фактори, що визначають кінетику сушіння голозерного вівса, були прийняті початкова вологість зерна w_0 і температура агента сушіння t . Значення інших сталих факторів (h , ν та ін.) були взяті з реальних умов роботи зерносушарок. Кінетика сушіння була описана відомим рівнянням М.В.Ликова, а криві нагрівання — рівнянням, аналогічним кінетичному рівнянню Н.Ф.Докучаєва і М.С.Смирнова.

Мікрохвильове сушіння показало, що його доцільно використовувати на заключному етапі сушіння, коли в зернівках значно поглиблена зона випаровування і конвективне сушіння мало ефективне.

Якість просушеного зерна вівса голозерного оцінювали за перетравністю білка. За даними результатів досліджень виявлено, що при зростанні температури нагрівання зерна до 50 °С, перетравність білка дещо збільшується. При подальшому підвищенні температури нагрівання зерна, понад 60 °С, перетравність білка починає зменшуватись. Це можна пояснити тим, що надмірне нагрівання вівса призводить до глибокої денатурації білка, ферменти не спроможні розщеплювати молекули білка і перетравність зменшується.

На основі результатів досліджень розроблена технологічна схема лінії комбінованого двохетапного конвективно-мікрохвильового сушіння зерна, яка поєднує переваги конвективного та мікрохвильового сушіння, дозволяє зменшити енерговитрати.

Зібране з поля зерно та зерно, яке зберігається у сховищах, є живим організмом. Його фізіологічний стан можна оцінити інтенсивністю аеробного дихання, яке залежить від багатьох факторів, найважливіші з яких вологість зернової маси та температура. Нами було досліджено інтенсивність дихання у зразках зерна голозерного вівса при різній вологості та після 12 місяців зберігання при початковій вологості зерна 12,4 % і 13,4 % та при температурі зерна +5 °С (табл. 3). Залежність інтенсивності дихання вівса від вологості задовільно описує узагальнене рівняння

$$ID = -279,2 + 2,6 w, \text{ мг CO}_2/(\text{кг} \cdot \text{добу}),$$

яке можна використовувати для визначення втрат в масі зерна голозерного вівса за рахунок його дихання при зберіганні.

Кінетику розвитку бактеріальної та грибнової мікрофлори голозерного вівса наведено на рис. 6. Розвиток мікрофлори спостерігався протягом 12 місяців в регульованих умовах зберігання (відносна вологість повітря 55...80 % та температура 5, 15, 25 °С). Найбільш інтенсивний розвиток бактерій та мікроміцетів спостерігався при температурі +25 °С та відносній вологості повітря 80 %. При відносній вологості повітря 55% бактерії і мікроміцети не розвивалися, лише спостерігалася зміна їх видового складу.

Інтенсивність дихання вівса голозерного (n=3, p≥0,95)

Походження зразків зерна голозерного вівса	Вологість зерна, %	Інтенсивність дихання, мг CO ₂ /(кг·добу)	
		до зберігання	після 12 місяців зберігання при температурі +5 °С
Полтавська область	12,4	60,0	5,2
	16,1	161,2	–
	19,4	236,0	–
Кіровоградська область	13,4	86,4	9,8
	17,0	214,0	–
	19,9	275,6	–

При зберіганні змінювався також хімічний склад голозерного вівса. Встановлено, що в процесі зберігання при температурі +25°C та відносній вологості зовнішнього середовища 80 % кількісний склад загальних сахарів, жирів, кислотності, кислотного числа жиру змінювався більш інтенсивно, ніж при температурі +5°C і відносній вологості зовнішнього середовища 55 %. До збільшення кислотного числа жиру та кислотності призводить дія ліпази, яка розщеплює жири на гліцерин та вільні жирні кислоти.

На основі результатів проведених досліджень розроблено удосконалену схему технологічного процесу заготівельного елеватора (рис. 7), яка передбачає додаткове встановлення приймальних накопичувальних бункерів, сепараторів попереднього та основного очищення від домішок і розділення голозерного вівса на дві фракції, колонкової і мікрохвильової зерносушарок та колонкового охолоджувача зерна. Силоси зерносховища обладнують системами вентилявання, що дозволить реалізувати зберігання зерна в охолодженому стані, а також двоетапне енергоощадне сушіння зерна.

Річна економічна ефективність впровадження розроблених рекомендацій технології післязбиральної обробки зберігання зерна у сільськогосподарському підприємстві СТОВ “Петродолинське” склала 163,8 тис. грн.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На основі теоретичних та експериментальних досліджень технологічних властивостей голозерного вівса удосконалено технологію його післязбиральної обробки та зберігання, які дозволяють знизити енергоємність та підвищити ефективність післязбиральної обробки зерна.

2. Визначено фізико-механічні властивості та розмірні характеристики різних сортів зерна голозерного вівса в залежності від вологості. Встановлено, що зі збільшенням вологості вівса зменшується натура, незначно зростають маса 1000 зерен та коефіцієнти зовнішнього тертя в стані спокою та руху, збільшуються розміри зернівок за довжиною, а за товщиною і шириною вони практично не змінюються. Визначено усереднене значення коефіцієнта форми зернин голозерного вівса, який склав $0,415 \pm 0,029$.

3. Встановлено, що швидкість витання зерна голозерного вівса прямопропорційно залежить від його вологості. Аеродинамічний опір шару зерна має обернену лінійну залежність від вологості зерна w та прямопропорційну — від висоти шару h . Зі збільшенням швидкості потоку повітря v опір шару зерна, незалежно від його висоти, зростає за степеневим законом. Встановлено значення емпіричного коефіцієнта $n=1,428$ та величини $A=1,780-0,002w$ для формули Рамзіна, які дозволяють прогнозувати аеродинамічний опір зернового шару голозерного вівса в залежності від параметрів w , h та v .

4. Визначено теплофізичні характеристики (ТФХ) голозерного вівса — питому теплоємність c , коефіцієнти температуропровідності a , теплопровідності λ і теплової активності ϵ . Отримано емпіричні рівняння, що описують залежності вказаних ТФХ зерна голозерного вівса від його вологості в інтервалі 10,4...22,9 %.

5. Визначено рівноважну вологість голозерного вівса в залежності від температури та відносної вологості зовнішнього середовища. Запропоновано емпіричну формулу та показано, що з підвищенням відносної вологості зовнішнього середовища з 40 до 90 % рівноважна вологість голозерного вівса зростає на 8,8 %, а при збільшенні температури з 5 °C до 25 °C — зменшується на 0,8 %.

6. Встановлено кількісну характеристику інтенсивності дихання голозерного вівса з різною вологістю та запропоновано узагальнене рівняння, яке дозволяє визначити втрати в масі зерна при його зберіганні за рахунок дихання. Встановлено, що при зберіганні вівса при температурі +5 °C інтенсивність його дихання зменшується на 88,7...92,3 % порівняно з неохолодженим.

7. Встановлено, що досліджені сорти голозерного вівса за хімічним складом особливо не відрізняються між собою, однак є різниця між голозерним та півчастим вівсом, особливо за вмістом клітковини, якої у голозерному вівсі значно менше — 2,11...2,75 % проти 10,3-11,15

% — у плівчастому. Вміст білка у досліджених сортах голозерного вівса коливається в межах 15,18...16,63 %, що суттєво перевищує його вміст у вівсі плівчастому та в інших зернових культурах.

8. Встановлено, що амінокислотний склад досліджених сортів вівса голозерного відрізняється високим вмістом важливих незамінних амінокислот, у тому числі лізину, треоніну, метіоніну, ізолейцину та триптофану, яких у 1,5...2 рази більше, ніж у інших зернових культур.

9. Встановлено, що за довжиною або товщиною можна практично повністю (на 98,84...100 %) виділити просо крупноплідне, гірчицю польову. Щетинник зелений практично повністю можна виділити за всіма ознаками. Пшениця може бути виділена за довжиною тільки на 4,04 %, амброзію можна виділити за товщиною на 8,86 %, а дурнишник взагалі не вилучається. Для ефективного очищення зерна голозерного вівса від грубих, крупних, дрібних та легких домішок розроблена схема технологічної лінії триетапного очищення.

10. Встановлено, що для гарантованого охолодження зернових мас зерна вівса гол озерного, питомі витрати повітря з урахуванням нерівномірного прозподілу повітря повинні складати 1800...2000 м³/т, що дозволить запобігти зволоженню верхніх шарів зерна чи, навпаки, пересушуванню нижніх шарів зерна та перевитрат електроенергії.

11. Встановлено, що перетравність білка у просушеного зерна вівса починає зменшуватись при температурі нагрівання зерна понад 50 °С, яку рекомендовано як гранично допустиму при сушінні. Для сушіння зерна голозерного вівса розроблена технологічна схема лінії комбінованого двоетапного конвективно-мікрохвильового сушіння зерна, яка поєднує переваги конвективного та мікрохвильового сушіння та дозволяє зменшити енерговитрати.

12. Встановлено, що у процесі зберігання сухого зерна вівса голозерного найбільш інтенсивний розвиток бактерій та мікроміцетів спостерігається при температурі +25 °С та відносній вологості повітря 80 %. При температурі 5 °С і відносній вологості повітря 55 % розвиток мікрофлори значно уповільнюється.

13. Встановлено, що при підвищенні температури і відносної вологості повітря у процесі зберігання спостерігається поступове зниження вмісту крохмалю та жиру, більш інтенсивно відбуваються якісні зміни жиру, які супроводжуються підвищенням кислотного числа жиру та кислотності зерна. Зниження температури зерна при зберіганні уповільнює ферментативні процеси, що дозволяє зменшити небажані зміни якості зерна.

14. Розроблено удосконалену принципову схему технологічного процесу первинної обробки голозерного вівса. Розроблено рекомендації з підвищення ефективності та зниження енергоємності післязбиральної обробки та зберігання зерна голозерного вівса. Результати роботи перевірені у виробничих умовах.

15. Річна економічна ефективність впровадження розроблених рекомендацій СТОВ “Петродолинське” склала 163,8 тис. грн., термін окупності — 2,6 роки.

ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Евдокимова, Г.И. Проблемы послеуборочной обработки и хранения голозерного овса [Текст] / Г.И.Евдокимова, С.В.Коропенко* // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2007. – Вип. 30, т. 2. – С. 153-155.

Особистий внесок здобувача: проведені пошукові дослідження, їх обробка та аналіз

2. Коропенко*, С.В. Голозерний овес перспективна культура для комбікормової галузі [Текст] / С.В. Коропенко*, Г.М.Станкевич // Хранение и перераб. зерна. – 2008. – № 7. – С. 42-44.

Особистий внесок здобувача: проведені дослідження, їх обробка та узагальнення

3. Євдокимова, Г. Голозерний овес зовсім не потребує лущення. Вихід же крупи з нього збільшується вдвічі проти плівчастого родича [Текст] / Г.Євдокимова, С.Коропенко* // Зерно і хліб. – 2008. – № 2. – С. 19-20.

Особистий внесок здобувача: проведені дослідження, їх обробка та узагальнення

4. Станкевич, Г.М. Дослідження фізико-механічних характеристик зерна вівса [Текст] / Г.М. Станкевич, С.В.Коропенко*, К.О.Венско // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2008. – Вип. 34, т.1. – С. 93-95.

Особистий внесок здобувача: проведені дослідження, їх обробка та узагальнення

5. Станкевич, Г. Поки ще немає науково обґрунтованих режимів та інструкцій з очищення, сушіння і зберігання голозерного вівса. Тому-то будуть у нагоді знання про його фізико-технологічні властивості [Текст] / Г. Станкевич, С. Коропенко*, К. Венско // Зерно і хліб. – 2009. – № 2. – С. 23-24.

Особистий внесок здобувача: проведені дослідження, їх обробка та узагальнення

6. Буранова, С.В. Обґрунтування раціональної схеми очищення зерна голозерного вівса [Текст] / С.В. Буранова, Л.Д.Дмитренко, Г.Й. Євдокимова // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2009. – Вип. 36, т.1 – С. 76-79.

Особистий внесок здобувача: проведені дослідження, їх обробка та узагальнення

7. Пропонуємо раціональну схему очищення голозерного вівса [Текст] / Л. Дмитренко, Г. Євдокимова, С. Буранова, О. Урвачов // Зерно і хліб. – 2010. – № 2. – С. 32-33.

Особистий внесок здобувача: розроблено технологічну схему очищення

8. Коропенко*, С.В. Голозерний овес — перспективна культура для комбікормової галузі [Текст]/ С.В.Коропенко*, Г.М.Станкевич // Проблемы развития современных комбикормовых технологий: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 115-летию со дня рожд. проф. П.Г. Демидова, Одесса, 26-27 июня 2008 г., / ОНАХТ. – О., 2008. – С. – С. 92-97.

Особистий внесок здобувача: проведено узагальнення проведених досліджень

9. Буранова, С.В. Гігроскопічні характеристики нетрадиційних зернових культур [Текст] / С.В.Буранова, О.Г.Соколовська // Наук. пр. молодих вчен., асп. та студ. / ОНАХТ.– О., 2009. – С. 126-128.

Особистий внесок здобувача: проведено узагальнення проведених досліджень

10. Буранова, С.В. Особливості амінокислотного складу голозерного вівса [Текст] / С.В.Буранова // Наук. пр. молодих вчен., асп. та студ. / ОНАХТ.– О., 2009. – С. 123-126.

Особистий внесок здобувача: проведено узагальнення проведених досліджень

*Коропенко С.В. — дівоче прізвище Буранової С.В.

АНОТАЦІЯ

Буранова С.В. Технологічні властивості голозерного вівса та методи його зберігання. — Рукопис.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів. Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2010.

В дисертації розглядається сучасний стан та проблеми первинної обробки і зберігання зерна вівса голозерного. Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень фізико-механічних, аеродинамічних і гігроскопічних властивостей, розмірних і теплофізичних характеристик, інтенсивності дихання, хімічний та амінокислотний склад різних сортів зерна голозерного вівса. Визначено питомі витрати повітря для активного вентилявання голозерного вівса, уточнено гранично допустиму температуру нагрівання та режими сушіння голозерного вівса. Досліджено хімічний склад та кінетику розвитку бактеріальної та грибною мікрофлори голозерного вівса при зберіганні.

Запропоновано технологічні схеми ліній очищення і конвективно-мікрохвильового сушіння та удосконалену принципову схему технологічного процесу первинної обробки голозерного вівса. Розроблено рекомендації по підвищенню ефективності та зниженню енергоємності післязбиральної обробки і зберігання зерна голозерного вівса. Результати роботи перевірені у промислових умовах.

Ключові слова: зерно, голозерний овес, технологічні властивості, очищення, сушіння, активне вентилявання, післязбиральна обробка, зберігання.

АННОТАЦИЯ

Буранова С.В. Технологические свойства голозерного овса и методы его хранения. — Рукопись.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук за специальностью 05.18.01 – хранение и технология переработки зерна, изготовление зерновых и хлебопекарных изделий и комбикормов. Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, 2010.

В диссертации рассматривается современное состояние и проблемы первичной обработки и хранения зерна овса голозерного.

Исследованы физико-механические свойства и размерные характеристики разных сортов зерна голозерного овса в зависимости от влажности. Показано, что с увеличением влажности овса уменьшается натура, незначительно возрастают масса 1000 зерен и коэффициенты внешнего трения в состоянии покоя и движения, наблюдается увеличение размеров зерновок по длине, а по толщине и ширине они практически не изменяются. Определено усредненное значение коэффициента формы зерен голозерного овса, который составил $0,415+0,029$.

Определена скорость витания зерна голозерного овса и показано, что она имеет прямо пропорциональную зависимость от влажности зерна. Аэродинамическое сопротивление слоя зерна имеет обратную линейную зависимость от влажности зерна и прямо пропорциональную — от высоты слоя. С увеличением скорости потока воздух сопротивление слоя зерна, независимо от его высоты, возрастает по степенному закону с показателем степени $n=1,428$. Используя значение n и рассчитанное эмпирическое значение свободного члена $A=1,780-0,002w$, входящие в формулу Рамзина, можно прогнозировать аэродинамическое сопротивление слоя голозерного овса в зависимости от влажности зерна, высоты его слоя и скорости потока воздуха.

Исследованы теплофизические характеристики (ТФХ) голозерного овса (удельная теплоемкость, коэффициенты температуропроводности, теплопроводности и тепловой активности) в зависимости от его влажности, получены эмпирические уравнения, позволяющие рассчитывать ТФХ при влажности зерна 10,4...22,9 %.

Определена равновесная влажность голозерного овса в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха. Предложена эмпирическая формула и показано, что с повышением относительной влажности окружающей среды равновесная влажность голозерного овса возрастает, а при увеличении температуры — незначительно снижается.

Изучен химический состав разных сортов голозерного овса, показано, что они особенно не отличаются между собой, однако есть разница между голозерным и пленчатым овсом, в особенности по содержанию клетчатки, которой в голозерном овсе значительно меньше — 2,11...2,75 % против 10,3...11,15 % — в пленчатом. Содержание сырого протеина в исследованных сортах голозерного овса колеблется в пределах 15,18...16,63 %, что существенно превышает его содержание в овсе пленчатом и в других зерновых культурах.

Установлено, что аминокислотный состав исследованных сортов овса голозерного отличается высоким содержанием важных незаменимых аминокислот, в том числе лизина, треонина, метионина, изолейцина и триптофана, которых в 1,5...2 раза больше, чем у других зерновых культурах.

Для прогнозирования возможности очистки зерновых масс овса голозерного от различных примесей предложено использовать статистические характеристики размеров зерна и примесей и рассчитывать коэффициент трансгрессии, представляющего собой долю площади взаимного проникновения (общей для разделения) к общей площади, т.е. меру делимости смеси. Для эффективной очистки зерна голозерного овса от грубых, крупных, мелких и легких примесей разработанная схема технологической линии трехэтапной очистки.

Для организации эффективного активного вентилирования насыпей голозерного овса на основе экспериментальных значений его теплофизических характеристик обоснованы рациональные удельные расходы воздуха, составляющие 1800...2000 м³/т.

Исследование переваримости белка голозерного овса, просушенного при различных тепловых режимах, позволили уточнить предельно-допустимую температуру нагрева зерна. Для сушки зерна голозерного овса разработана технологическая схема линии двухэтапной конвективно-микроволновой сушки, которая сочетает преимущества конвективной и микроволновой сушки и позволяет при этом уменьшить энергозатраты на 15...25 %.

Установлена количественная характеристика интенсивности дыхания голозерного овса с разной влажностью и предложено обобщенное уравнение, позволяющее определять потери в массе зерна за счет дыхания при его хранении.

Анализ кинетики развития бактериальной и грибной микрофлоры голозерного овса при хранении показал, что наиболее интенсивное развитие бактерий и микромицетов наблюдается при температуре +25 °С и относительной влажности воздуха 80 %. При температуре 5 °С и относительной влажности воздуха 55 % развития микрофлоры не наблюдалось, кроме того, при этом интенсивность дыхания, а, следовательно, и потери в массе зерна за счет его дыхания, были наименьшими. Поэтому наиболее эффективно голозерный овес хранить в охлажденном состоянии. Исследования показали также, что при хранении зерна голозерного овса на протяжении 12 месяцев при относительной влажности воздуха 55...80 % и при температуре 4...26 °С его химический состав изменяется не значительно.

Предложены технологические схемы линий очистки и конвективно-микроволновой сушки, а также усовершенствованную принципиальную схему технологического процесса первичной обработки голозерного овса. Разработаны рекомендации по повышению эффективности и снижению энергоемкости послеуборочной обработки и хранения зерна голозерного овса. Результаты работы проверены в промышленных условиях.

Ключевые слова: зерно, голозерный овес, технологические свойства, очистка, сушка, послеуборочная обработка, хранение.

ANNOTATION

Buranova S.V. Technological properties of naked oats, and methods of storage. — Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.18.01 – storage and processing technology of grain production and grain milling and bakery products. Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, 2010.

This thesis examined the current state and problems of primary processing and storage of grain naked oats. The results of theoretical and experimental investigations of physical, mechanical, aerodynamic and hygroscopic properties, dimensional and thermal characteristics, intensity of respiration, chemical and amino acid composition of different varieties of grain naked oats. The specific amount of air for active ventilation of naked oats, specifies the maximum permissible temperature of the heating and drying regimes of naked oats. The chemical composition and the kinetics of bacterial and fungus flora naked oats in storage.

Technological processes and clear lines of convective-micro-wave drying and improved basic scheme of technological process of preprocessing naked oats. The recommendations to improve energy efficiency and reducing post harvest handling and storage of grain naked oats. The results tested in industrial conditions.

Key words: corn, naked oats, technological characteristics, cleaning, drying, post harvest handling, storage.

Підписано до друку 28.10.2010 р. Формат 60×90/16.

Ум.-друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. 67.

ОНАХТ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039