

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

РИБЧИНСЬКИЙ РОДІОН СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК 664.784.8-044.337

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
КУКУРУДЗЯНИХ КРУП

05.18.02 – Технологія зернових, бобових,
круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України,
Шаповаленко Олег Іванович,
Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри технології зберігання і переробки
зерна.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Жигунов Дмитро Олександрович,
Одеська національна академія харчових технологій,
завідувач кафедри технології переробки зерна,

кандидат технічних наук, доцент,
Миколенко Світлана Юріївна,
Дніпровський державний аграрно-економічний
університет,
доцент кафедри технології зберігання і переробки
сільськогосподарської продукції.

Захист відбудеться 27 квітня 2021 року о 10⁰⁰ на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д.26.058.06 Національного університету харчових технологій за
адресою: Україна, 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія Б-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету
харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано « 26 » березня 2021 р.

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



Ю.В. Камбулова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зернова галузь є провідною в аграрному виробництві України і за останні роки суттєво зміцнила свої позиції. При цьому приріст виробництва зернових культур обумовив переорієнтацію зернового ринку на експорт зерна. Для більш ефективного використання зернового ресурсу доцільним є розвиток внутрішньої переробки, з можливістю подальшого експорту продукції з доданою вартістю. Сучасні технології дозволяють застосовувати комплексні способи переробки зернових культур з отриманням широкого асортименту готової продукції заданої якості.

Однією з ключових культур у зерновому сегменті української галузі рослинництва є кукурудза, обсяг її виробництва стрімко зростає: якщо у 2009 році вироблялось 11,1 млн. т, то в 2019 році було зібрано 36,7 млн. т, але внутрішня переробка на харчові цілі розвинута недостатньо і складає лише 220 тис. т, тобто не більше 2 %. Переробкою даної культури в крупи займаються всього кілька крупних підприємств, а режими та технологічні схеми, що рекомендовані у нормативних документах, не змінювались більше 20 років.

До традиційного асортименту круп'яних продуктів з кукурудзи належать крупи крупні для виробництва пластівців і повітряних зерен, крупи дрібні для виробництва паличок, крупи кукурудзяні шліфовані, а також борошно. Аналіз виробництва та споживання населенням круп'яних продуктів показує зменшення споживання традиційних продуктів – круп з цілого або подрібненого ядра і перехід до нарощування споживання продуктів у вигляді зернових сніданків, плющених круп (пластівці), мюслів.

В різні роки дослідженням технологічних властивостей, хімічного складу зерна кукурудзи та різних видів кукурудзяних круп'яних продуктів були присвячені роботи багатьох науковців: І. Т. Мерко, Є. І. Шутенко, І. К. Чайки, М. Я. Кирпи, Л. В. Фадєєва, О. П. Верещинського, І. І. Гапонюка, М. Б. Бабіча, В. М. Ковбаси, В. І. Дробот, А. А. Шаззо, Y. Pomeranz, S. R. Eckhoff, K. D. Raush, D. S. Jackson, M. A. Hanna, M. Blandino, які вказували на вплив різних факторів на формування показників якості зерна кукурудзи та специфіку застосування кукурудзяних круп'яних продуктів у харчовій галузі, але питанням наукового обґрунтування оптимальних режимів підготовки та переробки зерна кукурудзи приділено недостатньо уваги, особливо в сучасних умовах сортозміни та появи нових високоврожайних гібридів зерна кукурудзи. Між іншим, вирішення саме цих питань приведе до збільшення виходів та якісних властивостей кукурудзяних продуктів і сприятиме підвищенню привабливості будівництва заводів з переробки зерна кукурудзи у круп'яні продукти.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувалися відповідно до тематики науково-дослідних робіт кафедри технології зберігання і переробки зерна НУХТ згідно з програмою держбюджетної тематики науково-дослідної роботи «Розроблення та удосконалення технологій зберігання і переробки зернових культур з метою

отримання кормових і харчових продуктів з використанням нетрадиційних видів сировини» (державний реєстраційний номер 0117u005410).

Мета і завдання роботи. *Метою* дисертаційної роботи є удосконалення технології виробництва кукурудзяних круп шляхом науково-практичного обґрунтування окремих етапів підготовки та переробки зерна кукурудзи для покращення техніко-економічних показників зерно-переробних підприємств.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі *завдання*:

- проаналізувати типовий та сортовий склад зерна кукурудзи, що вирощується в Україні;
- встановити технологічні показники якості та показники безпечності зерна кукурудзи, яке надходить на переробку на зернопереробні підприємства;
- вивчити закономірність зміни тріщинуватості зерна кукурудзи у процесі його приймання та очищення і обґрунтувати обмежувальні норми при прийомі зерна кукурудзи на переробку на круп'яні цілі;
- обґрунтувати доцільність та встановити режими етапу вологотеплової обробки зерна кукурудзи напівзубоподібного типу;
- науково обґрунтувати оптимальні режими етапу дежермінації при переробці зубоподібної та кременистої кукурудзи у круп'яні продукти із звичайним та подовженим строком зберігання;
- науково обґрунтувати режими етапу вологотеплової обробки крупи при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців;
- дослідити технологічні показники, показники безпечності та зміну показників якості кукурудзяних продуктів у процесі зберігання;
- апробувати результати дослідження у промислових умовах та провести розрахунок їх економічної ефективності.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва кукурудзяних круп'яних продуктів.

Предмет дослідження – зерно кукурудзи, що перероблялося на підприємствах України у 2016-2018 рр.; проміжні продукти та круп'яні кукурудзяні продукти, які отримані у виробничих та лабораторних умовах, а також параметри та режими етапів: очищення та приймання зерна кукурудзи, ВТО зерна кукурудзи, дежермінації зерна кукурудзи та ВТО кукурудзяної крупи при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців.

Методи дослідження – галузеві та спеціальні аналітичні, органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні, експериментально-статистичні, виконані з використанням сучасних приборів та інформаційних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів

На основі проведених досліджень, аналізу й узагальнення одержаних результатів, встановлення закономірностей їх зміни науково обґрунтовано удосконалену технологію виробництва кукурудзяних круп.

Уперше:

- проведено статистичний аналіз сортового складу гібридів кукурудзи, що вирощується сьогодні в Україні, та технологічних властивостей зерна кукурудзи, яке потрапляє на переробку на зернопереробні підприємства;

- встановлено зміну показника загальної тріщинуватості та кількості тріщин у зерні кукурудзи за етапами технологічного процесу при підготовці зерна до переробки на круп'яні продукти;

- науково обґрунтовано оптимальні технологічні режими роботи дежермінатора при переробці зубоподібної та кременистої кукурудзи;

- запропоновано використання показника вилучення для контролю режимів етапу подрібнення кукурудзи на дежермінаторі для виробництва кукурудзяних продуктів традиційного та довгострокового зберігання;

- науково обґрунтовано оптимальні режими вологотеплової обробки крупи, що вироблена із зерна напівзубоподібної кукурудзи за різних умов, та запропоновано використання етапу зволоження крупи при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців.

Знайшли *подальший розвиток* дослідження щодо:

- впливу показника тріщинуватості зерна кукурудзи на зміну міцності зерна кукурудзи та вихід готових круп'яних продуктів;

- впливу вологості зерна кукурудзи на зміну виходу фракційного складу та вмісту зародка у продуктах подрібнення зерна кукурудзи;

- дослідження анатомічного складу зерна, хімічного складу та технологічних властивостей зерна та продуктів переробки зерна кукурудзи, показників безпечності та зміни якості кукурудзяних круп'яних продуктів при зберіганні.

Наукова новизна роботи підтверджена патентом України на корисну модель №137207 «Спосіб виробництва плющеної кукурудзяної крупи».

Практичне значення отриманих результатів. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено та обґрунтовано режими окремих етапів процесу підготовки та переробки зерна кукурудзи у круп'яні продукти, а саме: надано обмежувальні рекомендації за показником тріщинуватості для зубоподібної та кременистої кукурудзи при прийомі зерна на переробку; встановлено оптимальні режими етапу вологотеплової обробки зерна для напівзубоподібної кукурудзи; надано рекомендації за показником вилучення продуктів проходом сита Ø 3,0 при подрібненні зерна зубоподібної та кременистої кукурудзи на дежермінаторі; встановлено оптимальні режими вологотеплової обробки крупи при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців.

Удосконалена технологія апробована у виробничих умовах Сквирського КХП. Застосування рекомендованих режимів етапу подрібнення зерна кукурудзи на дежермінаторі дозволило збільшити загальний вихід крупи кукурудзяної з 47,2 до 49,7 %. Розрахункова економічна ефективність складає 4,39 млн. грн. / рік.

Особистий внесок здобувача. Автором проведено теоретичне обґрунтування і формулювання мети, завдань і змісту досліджень, виконано підбір методів і методики виконання експериментів, взято участь у їхній практичній реалізації в лабораторних і виробничих умовах, виконано аналіз, систематизацію і узагальнення одержаних результатів, а також їхнє методичне оформлення. Ряд досліджень виконано спільно з к.т.н. І. О. Кустовим,

к.т.н., доц. С. М. Соцом. У спільних наукових роботах автору належить наукове обґрунтування і вибір методології досліджень, підготовка лабораторних зразків, участь у проведенні досліджень та опрацюванні, аналізі й оформленні одержаних результатів. Обговорення, аналіз, систематизація і узагальнення одержаних наукових даних та їх теоретичне обґрунтування проведено спільно з науковим керівником д.т.н., проф. О. І. Шаповаленком. Особистий внесок здобувача підтверджено наведеними у додатках документами і науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи представлено на міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів» (ОНАХТ, м. Одеса, 2017 р.), VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції» (м. Київ, НУХТ, 2019 р.), XXXIV Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інновації в науці: сучасні виклики» (м. Вінниця, 2019 р.), міжнародній науково-практичній (online) конференції «Science, Research, Development» (м. Познань, м. Закопане, 2019 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства» (м. Алмати, 2019 р.), XX Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрямки технології та процесів переробних та харчових виробництв» (м. Харків, 2019 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Зерновая отрасль: состояние и перспективы развития» (м. Алмати, 2020 р.), XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Техника и технология пищевых производств» (м. Могилів, 2020 р.).

Публікації. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 17 наукових праць, у тому числі 6 статей у наукових фахових виданнях України та інших держав (з них 6 – у наукових періодичних виданнях інших держав та виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз (5 – Index Copernicus, 1 – Web of Science), 1 патент України, 10 тез доповідей на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях України та інших держав.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, 6 додатків, списку використаних джерел, що містить 227 найменувань, у тому числі англomовних – 126. Основний матеріал дисертації викладено на 161 сторінці друкованого тексту, містить 49 рисунків і 41 таблицю.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету і завдання дослідження, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача у проведених дослідженнях та публікації за темою дисертаційної роботи.

У першому розділі «Характеристика зерна кукурудзи та технології її підготовки та переробки у круп'яні продукти» доведено актуальність проведення комплексних аналітичних та теоретичних досліджень, що стосуються удосконалення технології підготовки та переробки зерна кукурудзи у круп'яні продукти. При високому обсязі вирощування зерна кукурудзи переважна більшість зерна не використовується для виробництва круп'яних продуктів: до 98 % від усього зерна спрямовується або на експорт, або на переробку в кормові продукти. Крупи кукурудзяні шліфовані та крупи кукурудзяні крупні для виробництва пластівців і повітряних зерен виробляють переважно при переробленні кременистих або напівзубоподібних типів кукурудзи, зубоподібні або напівзубоподібні типи кукурудзи використовуються при виробництві круп кукурудзяних дрібних для виробництва паличок. У літературі та нормативних документах інформація про режими важливих технологічних етапів вологотеплової обробки зерна кукурудзи, дежермінації зерна кукурудзи, вологотеплової обробки кукурудзяної крупи при виробництві пластівців відсутня або суперечлива, що обумовлено особливостями технологічних властивостей зерна та технологічного обладнання, яке використовується. Внаслідок різних економічних та логістичних причин в Україні помітна тенденція збільшення у переробці для усіх видів круп напівзубоподібної та зубоподібної кукурудзи, для яких науково обґрунтованих режимів у нормативній документації не існує. Важливими показниками якості круп'яних кукурудзяних продуктів є вологість та масова частка жиру. На підставі апіорної інформації вологість крупи кукурудзяної повинна бути не більше 14-15 %, масова частка жиру – не більше 0,8-1,0 %.

У другому розділі «Характеристика об'єкта, предметів та методів досліджень» визначено науково-методичні основи проведення досліджень, викладено відомості про об'єкти, експериментальну базу, методи та загальну методикку досліджень та проаналізовано схеми очищення зерна кукурудзи на виробничому елеваторі Дніпровського комбінату харчових концентратів, схема підготовки зерна кукурудзи для переробки у крупу на Дніпровському комбінаті харчових концентратів, схема підготовки зерна кукурудзи на Сквирському комбінаті хлібопродуктів, технологічна схема виробництва дрібних кукурудзяних пластівців на Сквирському комбінаті хлібопродуктів.

Експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися у науково-дослідних та виробничих лабораторіях навчально-наукових закладів і підприємств галузі:

- аналіз зміни тріщинуватості та впливу ВТО зерна на вихід та якість кукурудзяних продуктів проводили у виробничих умовах Дніпровського заводу харчоконцентратів; обґрунтування режимів ВТО зерна при подрібненні на вальцювому верстаті та ВТО крупи при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах – у лабораторії кафедри технології переробки зерна Одеської національної академії харчових технологій; обґрунтування режимів роботи дежермінатора – у виробничих умовах Сквирського КХП; обґрунтування режимів ВТО крупи при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців у напіввиробничих умовах – на базі випробувальної ділянки діючого машинобудівельного заводу ТОВ «ОЛІС»;

- оцінку показників якості зерна, проміжних продуктів та готової продукції проводили на базі лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна

Національного університету харчових технологій, лабораторії якості зерна і зернових продуктів кафедри технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції Дніпропетровського державного аграрного університету, виробничих технологічних лабораторій Дніпровського заводу харчоконцентратів та Сквирського КХП.

На основі опрацювання та узагальнення даних, одержаних у результаті аналізу літератури та апіорної інформації, визначено основні напрями проведення досліджень, обрано етапи технології переробки зерна кукурудзи, що потребують удосконалення, підібрано методи оцінювання показників якості зерна, проміжних продуктів та готових круп'яних продуктів. На підставі вищезначеного розроблено блок-схему теоретичних, аналітичних та експериментальних досліджень (рис. 1).

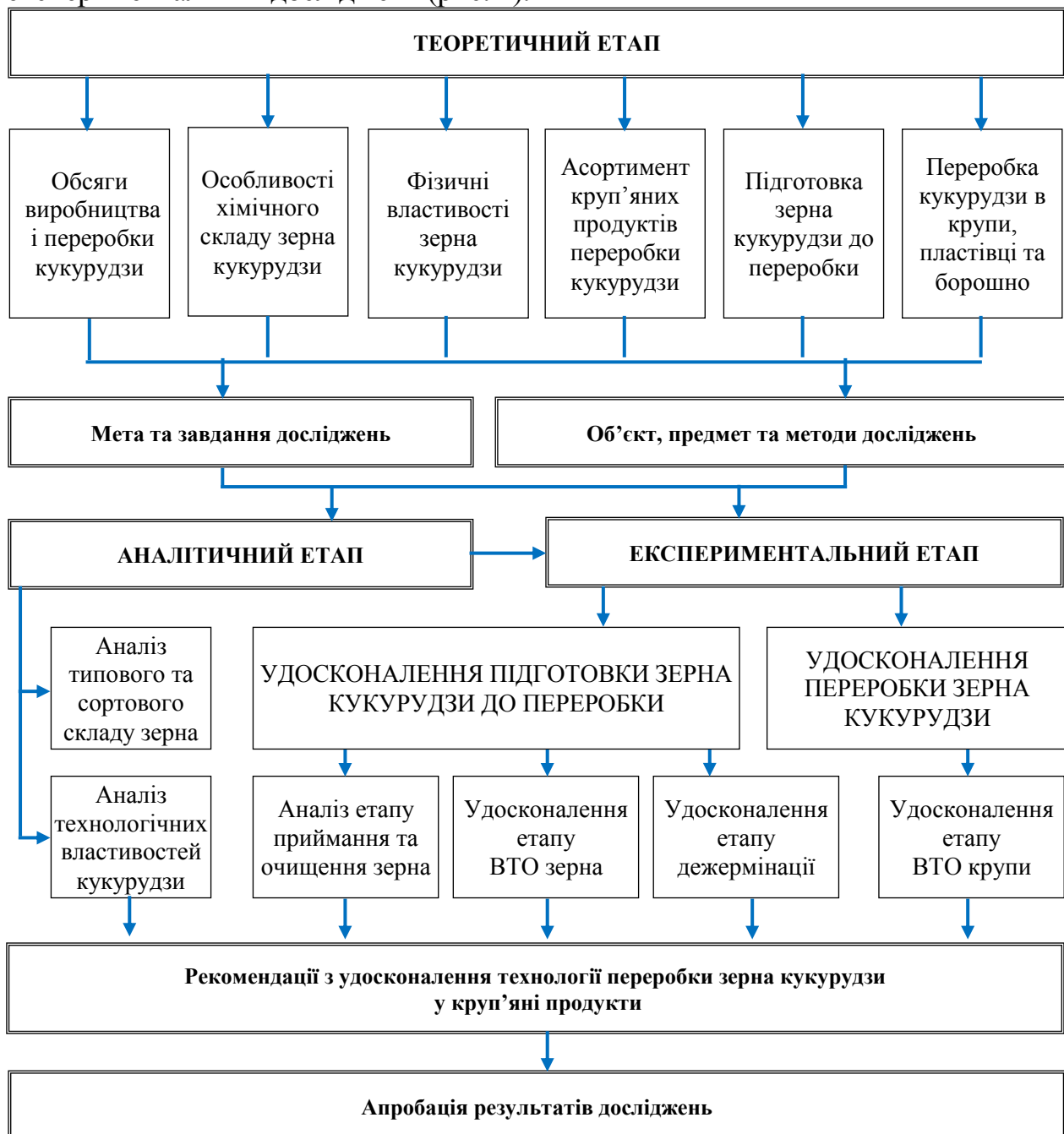
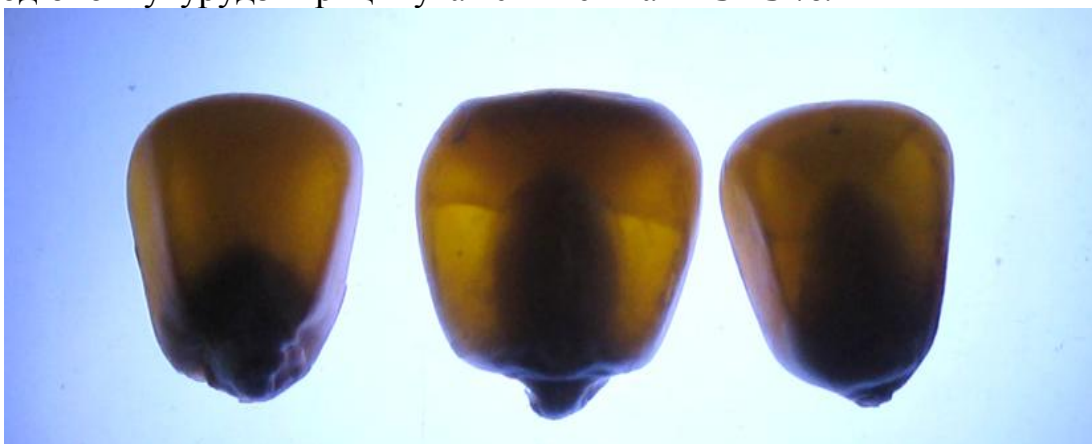


Рисунок 1– Блок-схема проведення досліджень

Обрані стандартизовані та оригінальні методи дослідження показників якості зерна, продуктів подрібнення та готових круп'яних продуктів з зерна кукурудзи.

У третьому розділі «Дослідження технологічних властивостей зерна кукурудзи, що вирощується в Україні» наведено дані, щодо кількості посівних площ в Україні, відведених під кукурудзу. В 2016-2018 роках посівні площі сягали 2,8-3,5 млн. га. Основну масу кукурудзи сіяли у центральному та північному регіонах, мінімальна площа засіяних під кукурудзою земель припадала на південний та східний регіони. Встановлено сортовий склад зерна кукурудзи, що розповсюджена на території України. Показано, що серед високої кількості сортів, що занесені до державного реєстру сортів рослин, у 2016-2018 роках половину земель під кукурудзою було засіяно 25-30 сортами. Основними оригінаторами та виробниками сортів кукурудзи є: Монсанто, Дюпон, Сингента, ІЗКНААН, Лімагрейн, частка їх сортів складає близько 80 %. Виявлено, що за групою стиглості у 2016-2018 роках основну частку сортів складали середньоранні та середньостиглі сорти – 46,6-52,9 та 39,3-46,4 % відповідно, причому помітна тенденція збільшення частки середньоранніх сортів. На підставі статистичного аналізу підтверджено переважну частку у типовому складі зерна, що вирощується в Україні, зубоподібної – 57,8-61,3 % та меншою мірою напівзубоподібної кукурудзи – 24,3-26,2 %. Частка більш технологічної кременистої кукурудзи складає лише 9,6-14,4 %, тому при обґрунтуванні режимів переробки кукурудзи у круп'яні продукти більше уваги слід приділяти саме режимам переробки зерна кукурудзи зубоподібного або напівзубоподібного типу. Довжина зернівок досліджуваних зразків змінювалась від 8,0 до 13,0 мм, ширина – у межах 7,0-11,0 мм, товщина – 3,07,0 мм.

Проведено аналіз тріщинуватості зерна кукурудзи (рис. 2, табл. 1, 2) та визначено, що зерно кукурудзи, яке надходить на переробку, після його збирання та післязбиральної обробки вже має певну кількість тріщинуватих зерен, причому найбільша кількість тріщинуватих зерен характерна для кременистої – 50-89 % та напівзубоподібної кукурудзи – 32-84 %; у зубоподібної кукурудзи тріщинуватість менша – 25-73 %.



А

Б

В

А – зерно без тріщин; Б – зерно з двома тріщинами; В – зерно з трьома та більше тріщинами

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд зерна кукурудзи

Встановлено більшу тріщинуватість зерна кукурудзи, яке перероблялося на Дніпровському КХК, у порівнянні з зерном Сквирського КХП, що може бути пов'язано з більш «жорсткими» агрокліматичними умовами та режимами сушіння зерна. За показниками маси 1000 зерен та натури зерно кукурудзи характеризувалось значеннями 235-310 г та 790-815 г/л відповідно.

Таблиця 1 – Характеристика зерна кукурудзи, що надходило на переробку на Дніпровський комбінат харчоконцентратів у 2016-2018 рр.

Тип кукурудзи	Вологість, %		Биті зерна, %		Тріщинуватість, %	
	діапазон значень	середнє	діапазон значень	середнє	діапазон значень	середнє
Зубоподібна	12,4-15,3	14,2	2,3-5,1	3,7	35-73	54
Напівзубоподібна	12,8-15,5	14,3	2,2-5,9	3,9	46-84	62
Кремениста	12,1-15,2	13,8	3,9-9,2	5,2	55-89	75

Таблиця 2 – Характеристика зерна кукурудзи, що надходило на переробку на Сквирський КХП у 2016-2018 рр.

Тип кукурудзи	Вологість, %		Биті зерна, %		Тріщинуватість, %	
	діапазон значень	середнє	діапазон значень	середнє	діапазон значень	середнє
Зубоподібна	12,0-14,8	13,6	2,0-4,3	3,3	25-54	42
Напівзубоподібна	12,4-14,0	13,8	2,3-5,1	3,8	32-75	58
Кремениста	12,5-13,4	13,2	4,2-8,4	5,0	50-74	64

Досліджено хімічний склад зерна кукурудзи, що перероблялось у 2016-2018 рр.: вміст білка – 8,6-11,3 %; жиру – від 5,8 до 7,6 %; крохмалю – від 67,2 до 70,4 %; зольність – 2,20-2,41 %.

При оцінці показників безпечності зерна кукурудзи, яке поступало на переробку, визначено, що за показниками вмісту токсичних елементів (табл. 3, 4) та вмісту мікотоксинів зерно відповідало вимогам п. 6.1 додатку Б стандарту ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови». Питома активність радіонуклідів Cs-137 у зерні складала 3,24-6,45 Бк/кг при нормі не більше 600 Бк/кг.

Таблиця 3 – Вміст токсичних елементів у зерні кукурудзи, що надходило на переробку на Сквирський КХП у 2016-2018 рр., мг/кг

Показник	Свинець	Кадмій	Мідь	Цинк	Ртуть	Миш'як
Стандарт	ГОСТ 26932-86	ГОСТ 26933-86	ГОСТ 26931-86	ГОСТ 26934-86	ГОСТ 26927-86	ГОСТ 26930-86
Норма, не більше	0,5	0,1	10,0	50,0	0,03	0,2
Факт	< 0,01* - 0,31	< 0,01* - 0,07	2,68-5,36	11,51-20,03	< 0,01*	< 0,007*

Таблиця 4 – Вміст мікотоксинів у зерні кукурудзи, що надходило на переробку на Сквирський КХП у 2016-2018 рр., мг/кг

Показник	АфлатоксинВ1	Зеараленон	Т-2 токсин	Дезоксиніваленол
Стандарт	МР 2273-80	ГОСТ 28001-88	ГОСТ 28001-88	МУ 5177-90
Норма, не більше	0,025-0,1	2-3	0,2	1-2
Факт	< 0,001*	< 0,1*	< 0,1*	< 0,2*

* Межа чутливості методу

Встановлено, що за технологічними властивостями, хімічним складом та показниками досліджувані зразки зерна кукурудзи мали необхідні показники якості для їх подальшого використання як сировини для виробництва круп та пластівців.

У четвертому розділі «Дослідження та обґрунтування технологічних рішень з удосконалення підготовки зерна кукурудзи до переробки» на підставі аналізу кількості битого зерна, його тріщинуватості та міцності у різних точках технологічної схеми Дніпровського Комбінату харчоконцентратів встановлено, що у процесі приймання, розміщення та очищення зерна кукурудзи відбувається зміна його міцності за рахунок збільшення битого зерна, а також за рахунок збільшення у цілому зерні як загальної тріщинуватості зерна, так і загальної кількості тріщин. При переробці напівзубоподібної кукурудзи гібриду «ДКС 4608» у ході технологічного процесу з точки його приймання до точки направлення на дежермінатор вміст битого зерна збільшився з 22,6 до 35,8 %, загальна тріщинуватість у цілому зерні збільшилась з 68 до 78 %, вміст зерен з трьома або більше тріщинами збільшився з 8 до 25 %.

Визначено, що загальна тріщинуватість та кількість зерен з трьома або більше тріщинами впливає на зменшення виходу пластівців. Рекомендовано контролювати ці показники при прийомі зерна на переробку. З урахуванням зміни цих показників при транспортуванні та очищенні зерна рекомендовано для даного підприємства приймати зерно кукурудзи із таким обмежувальними значеннями: для напівзубоподібної кукурудзи: загальна тріщинуватість – не більше 40 %, вміст зерен з трьома або більше тріщинами – не більше 5 %; для кукурудзи кременистого типу загальна тріщинуватість – не більше 50 %, вміст зерен з трьома або більше тріщинами – не більше 10 %. Для інших підприємств обмежувальні норми можуть бути змінені в той чи інший бік.

Проведено аналіз вмісту зародку у продуктах подрібнення зерна кукурудзи при різних режимах вологотеплової обробки. Встановлено, що зволоження зерна кукурудзи при його наступному подрібненні на вальцювому верстаті призводить до збільшення виходу зародка у вільному вигляді та у вигляді зростків в крупних фракціях продуктів подрібнення (—/Ø4,0) – з 5,9 % у сухому зерні до 6,4-6,8 % у зерні, зволоженому до 14-16 %. Аналогічні дані отримано у виробничих умовах при переробці напівзубоподібної кукурудзи при застосуванні дежермінатора «Смела».

Для обґрунтування режимів роботи дежермінатора МНХМ-М, оптимальних для переробки зубоподібної та кременистої кукурудзи, на номірні крупи для звичайного та довгострокового зберігання проведено дослідження у виробничих умовах Сквирському комбінату хлібопродуктів. В ході експерименту на підприємстві переробляли зерно кукурудзи зубоподібного типу гібриду «ДКС 3511» (Монсанта) та зерно кукурудзи кременистого типу гібриду ПР 39 Р 20 (Дюпон) з такими показниками: вміст зародку – 11,9/12,6 %, вміст ендосперму – 81,5/80,4 %, вміст жиру – 4,9/5,0 %, вміст жиру у зародку – 35,0/33,8 %, вміст крохмалю – 73,1/74,1 %, вологість – 13,6/13,7 %. Режимми дежермінатора змінювали шляхом регулювання тривалості знаходження зерна у робочій зоні дежермінатора зміною положення запірної пластини, оцінювали – вилученням продукту через сито Ø3,0 в сході з дежермінатора. Зміна режимів приводила до зміни кількості сходу та проходу дежермінатора, а також до перерозподілу у сході окремих фракцій продукту подрібнення (рис. 3).

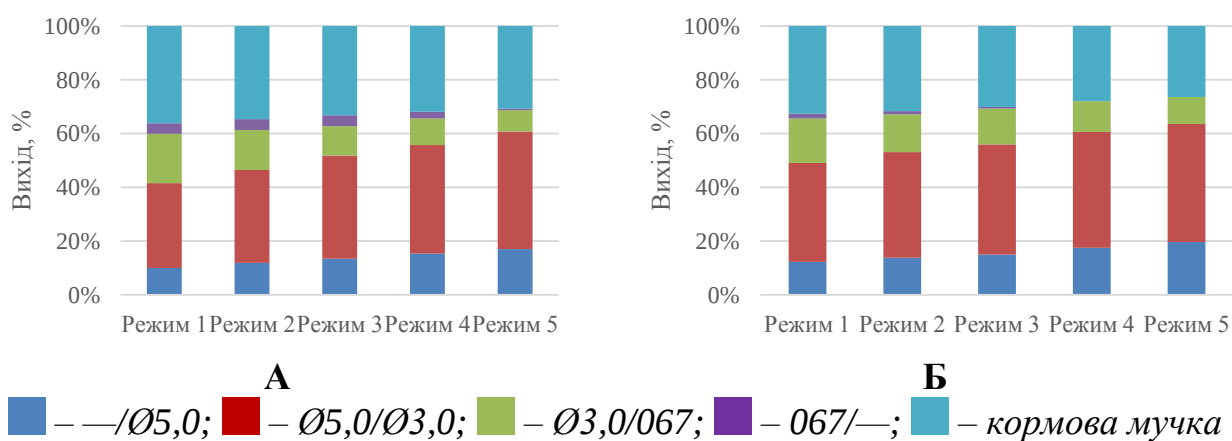


Рисунок 3 – Вихід фракцій при обробленні зерна (А – зубоподібної, Б – кременистої) кукурудзи в дежерменаторі

У результаті проведених досліджень підтверджено, що зубоподібна кукурудза внаслідок анатомічної будови та меншої твердозерності зерна має гірші технологічні властивості в порівнянні з кременистою кукурудзою. При збільшенні тривалості знаходження у робочій зоні дежермінатора здійснюється високий вихід дрібних фракцій проміжних продуктів, але якість сходового продукту дежермінатора за вмістом жиру є найкращою. При зменшенні тривалості – вилучення дрібних фракцій проміжних продуктів і вихід кормової зародкової мучки зменшується, але у сході дежермінатора залишається велика кількість зародка: у крупних сходових продуктах кількість вільного зародка та зародка у вигляді зростків складає для зубоподібної та кременистої кукурудзи 25,9 та 19,2 % від його вмісту у зерні відповідно. Для забезпечення високої якості кукурудзяних круп'яних продуктів рекомендовано контролювати якість сходового продукту дежермінатора: вміст жиру повинен бути не більше 1,8-2,0 % – при виробництві продуктів довгострокового зберігання та для дитячого харчування, не більше 2,0-2,3 % – при виробництві звичайних кукурудзяних продуктів.

Для оперативного регулювання запропоновано використовувати показник загального вилучення, який можна визначати просіюванням 100-грамової наважки сходового продукту на ситі Ø3,0. Для забезпечення вмісту жиру у крупі на рівні 0,6-0,8 та 0,8-1,0 % загальне вилучення дрібних продуктів (прохід сита Ø3,0) при переробці кукурудзи зубоподібного типу повинно бути у межах не менше 28-33 та 23-28 % відповідно, для кременистої кукурудзи – 20-24 та 16-20 % відповідно.

У п'ятому розділі «Обґрунтування технологічних рішень з удосконалення переробки зерна кукурудзи у дрібні пластівці» встановлено оптимальні режими ВТО крупи кукурудзи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних та напіввиробничих умовах.

Технологічно доцільними режимами ВТО крупи кукурудзи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах за схемою попереднього зволоження крупи, пропарювання її у пропарювачі (автоклав) періодичної дії, короткочасного темперування, плющення, сушіння та контролю пластівців з метою вилучення мучки, є вологість крупи перед пропарюванням – 22-24 %, тиск пари у пропарювачу – 0,15-0,20 МПа, тривалість пропарювання – 10-12 хв. Тривалість варіння отриманих при таких режимах кукурудзяних дрібних пластівців складає 4-5 хв.

Для обґрунтування оптимальних режимів ВТО крупи у напіввиробничих умовах, максимально наближених до технології промислового виробництва дрібних кукурудзяних пластівців, проведено активний експеримент з використанням методу експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ). Для цього був складений двох факторний трьохрівневий експеримент за ортогональним центральним композиційним планом.

Використовуючи попередньо проведенні дослідження, найбільш вагомими факторами, що впливають на технологічний процес отримання пластівців, було обрані: X1 – вологість крупи перед пропарюванням, %; X2 – тривалість пропарювання з наступним темперуванням, хв. Рівні факторів та інтервали варіювання були обрані у межах, що дозволяли би отримувати пластівці, які за зовнішнім виглядом та споживчими властивостями відповідали промислому зразку пластівців: фактор X1 змінювали з 16,0 до 18,0 %; фактор X2 – з 5 до 10 хв.

У результаті обробки експериментальних даних, оцінки дисперсії за паралельними дослідями, оцінки відтворюваності дослідів (грубих помилок) за критерієм Кохрена, перевірки значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента, оцінки адекватності отриманих рівнянь за критерієм Фішера отримали залежності параметрів оптимізації від вологості крупи та часу темперування у кодованих величинах (рис. 4):

- вихід пластівців – $Y_1 = 89,09 + 1,93X_1 + 0,58X_2 - 1,23X_1^2$;
- вміст крохмалю у пластівцях – $Y_2 = 69,44 + 1,17X_1 + 0,58X_2 - 1,13X_1^2$;
- вологість пластівців після пластифікації – $Y_3 = 21,42 + 1,12X_1 + 0,32X_1^2$;
- крупність пластівців – $Y_4 = 2,11 + 0,14X_1 + 0,05X_2 - 0,06X_1^2$.

З наведених даних видно, зі збільшенням вологості крупи та збільшенням тривалості пропарювання вихід пластівців, вміст у них крохмалю (разом із

моно- та дисахаридами) та їх крупність збільшується, тобто це приводить до підвищення ефективності процесу отримання дрібних кукурудзяних пластівців. Але одночасно це призводить до збільшення вологості пластівців, тобто до збільшення енерговитрат на їх сушіння до вологості не більше 14 %, що має негативний ефект і підвищує собівартість готової продукції. А підвищення тривалості пропарювання потребує підвищення тривалості темперування, що також підвищує енерговитрати та знижує продуктивність технологічної лінії. Тому одночасна зміна факторів має неоднозначний вплив на ефективність процесу виробництва дрібних кукурудзяних пластівців.

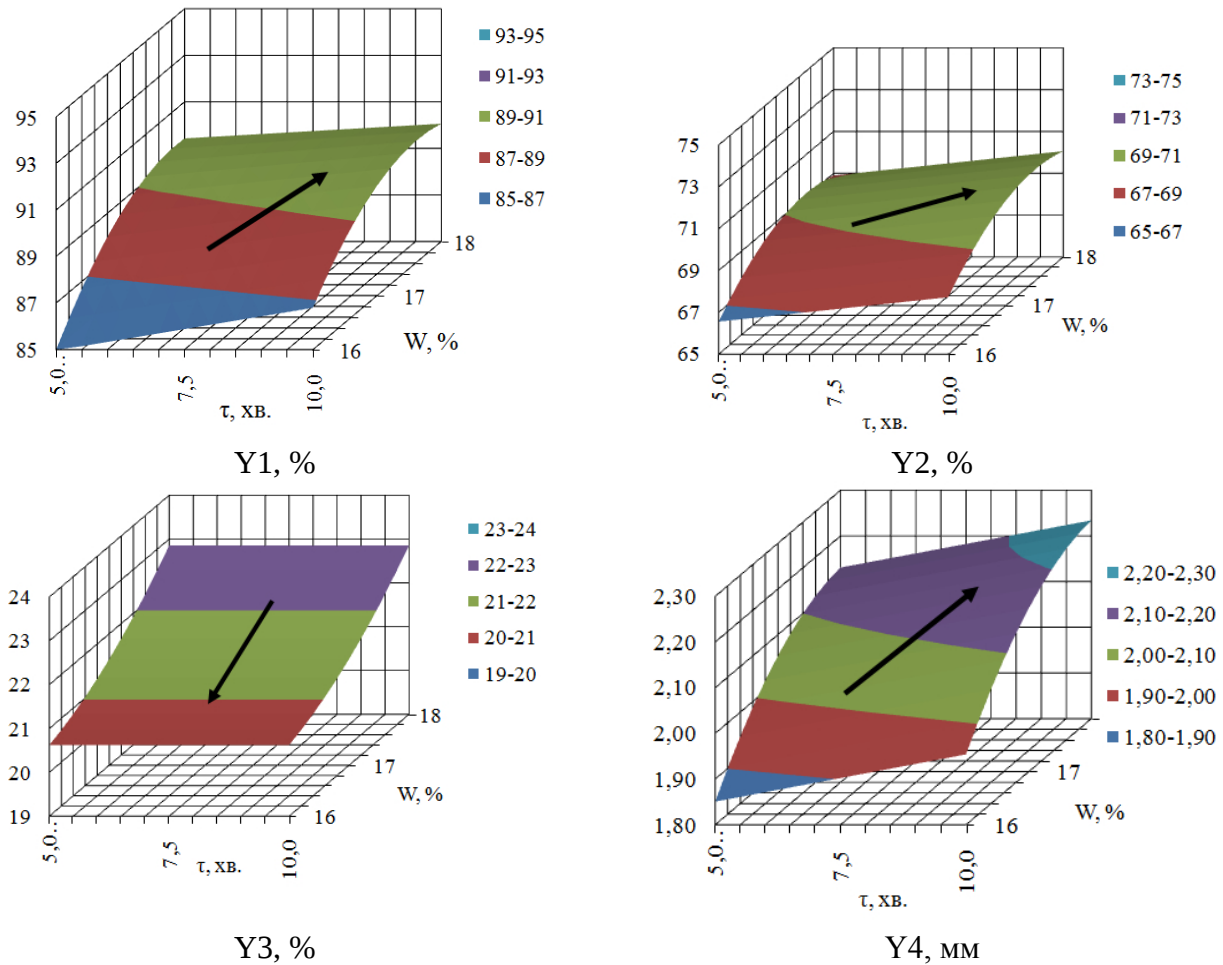


Рисунок 4 – Графічна інтерпретація математичної моделі залежності показника Y_i від вологості крупи та тривалості пропарювання:

$Y1$ – виходу пластівців; $Y2$ – вмісту крохмалю у пластівцях; $Y3$ – вологості пластівців після пластифікації; $Y4$ – крупності пластівців після пластифікації

Якщо оцінити вагомість впливу кожного фактору, то зміна вологості крупи перед пропарюванням має більш суттєвий вплив на показники дрібних кукурудзяних пластівців, ніж тривалість пропарювання, особливо при зміні вологості з 16 до 17 %. Особливо це стосується виходу пластівців та вмісту крохмалю у них. На крупність пластівців впливають обидва фактори більш

менш однаково, а на вологість пластівців перед сушінням тривалість пропарювання зовсім не впливає.

Для вибору режимів, що поєднують оптимальні характеристики, застосували комплексну оцінку ефективності за допомогою функції бажаності Харрінгтона, що представляє собою середнє геометричне бажаності окремих параметрів оптимізації (рис. 5). На приватні функції бажаності були накладені односторонні обмеження (найгірші результати дослідів): $Y_1 \geq 85,9 \%$; $Y_2 \geq 67,1 \%$; $Y_3 \leq 22,6 \%$; $Y_4 \geq 1,9 \text{ мм}$.

Узагальнений аналіз функції бажаності показує, що найбільший вплив на загальну ефективність процесу пластифікації кукурудзи має перший фактор – вологість крупи, причому існує оптимальний діапазон цього фактору на рівні $17,0 \pm 0,2 \%$. Як при меншій, так і при більшій вологості крупи, ефективність процесу пластифікації кукурудзи знижується: у першому випадку – за рахунок зменшення виходу крупи та погіршення її показників (зменшення вмісту крохмалю та зменшення крупності), при цих режимах ефективність процесу пластифікації найменша; у другому – за рахунок зростання вологості пластівців, внаслідок чого підвищуються енерговитрати при їх сушінні.

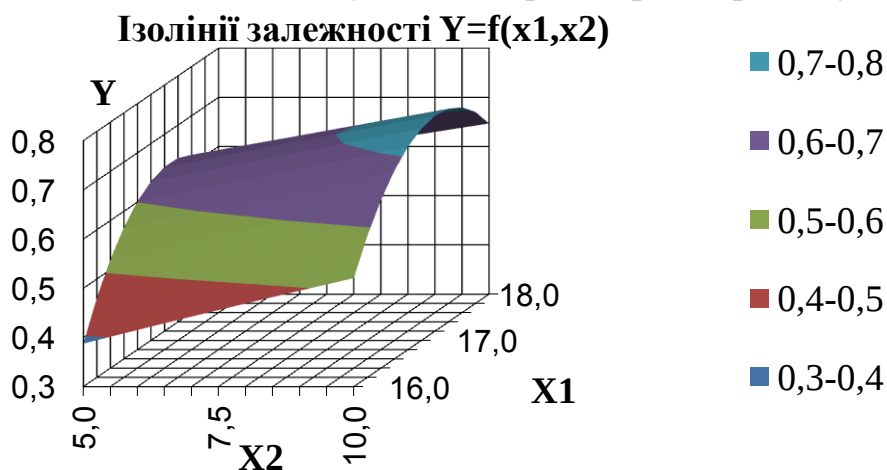
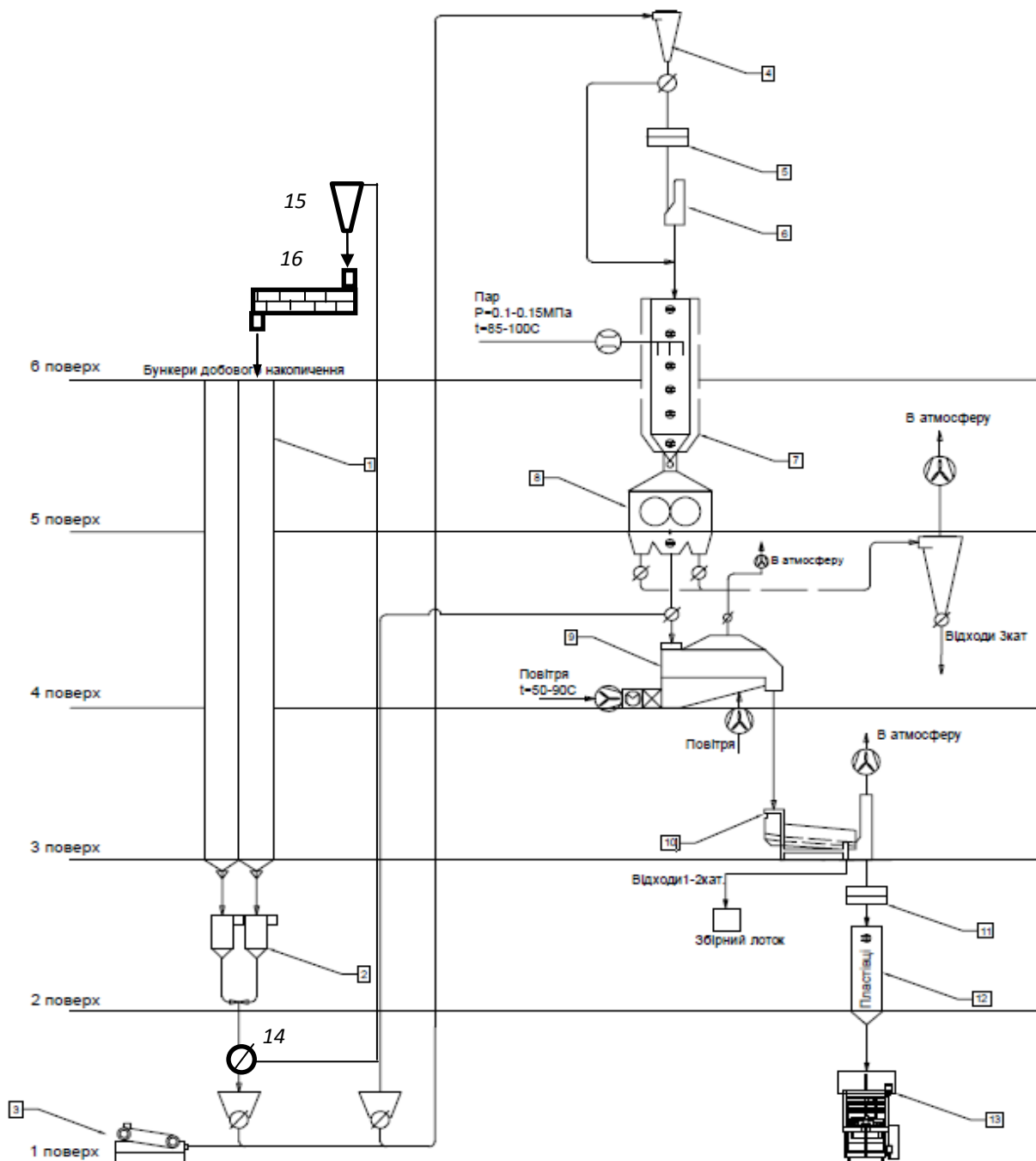


Рисунок 5 – Узагальнена функція бажаності процесу виробництва дрібних кукурудзяних пластівців

Таким чином, рекомендовано наступні режими: зволоження крупи до вологості $17,0 \pm 0,2 \%$, тривалість пропарювання 8-10 хв. із наступним темперуванням 30-40 хв. Отримані пластівці не потребують варіння, а можуть бути запарені у окропі протягом 4-5 хв. Рекомендовано застосування у виробничих умовах Сквирського КХП у схемі виробництва дрібних пластівців етапу зволоження вихідної крупи, що дозволить зменшити тривалість температурної обробки, краще зберегти цінні поживні складові, зменшити енерговитрати на виробництво пластівців (рис. 6). У виробничих умовах Сквирського КХП цей етап не застосовується, тому у перспективі впровадження даного способу підготовки крупи до її пластифікації може підвищити ефективність роботи даного підприємства, а також етап зволоження вихідної крупи може бути запроектований для нових зернопереробних підприємств. Для впровадження у виробництві пропонуємо додатково встановити перекидний клапан 14, циклон-розвантажувач 15 та зволожувальний

апарат 16, а частку оперативних бункерів застосовувати для кондиціювання крупи після її зволоження.



1 – оперативні бункери для крупи; 2 – витратомір MZAH; 3 – повітрорудна машина; 4 – циклон-розвантажувач; 5, 11 – магнітна колонка; 6 – аспіраційна колонка; 7 – пропарювач MDBA-842; 8 – плющильний верстат MDFA-608; 9 – сушарка OTW-500 ($n=2$); 10 – ситоповітряний сепаратор BCX-3-01; 12 – бункер для пластівців; 13 – фасувальний апарат АФ-45-В; 14 – перекидний клапан; 15 – циклон-розвантажувач; 16 – зволожувальний апарат

Рисунок 6 – Удосконалена технологічна схема виробництва дрібних кукурудзяних пластівців

Таким чином, послідовність технологічних операцій у виробничих умовах за удосконаленою технологічною схемою виробництва дрібних кукурудзяних пластівців буде виглядати таким чином: прийом крупи №4 у оперативні бункери – зволоження її до $17,0 \pm 0,2$ % – відволоження у бункерах – контроль наявності металоманітних домішок – пропарювання крупи паром $0,1-0,15$ МПа із тривалістю її темперування 30-40 хв. – плющення крупи до товщини пластівців $0,3-0,4$ мм – сушіння пластівців до вологості не більше 14,0 % – охолодження до температури не вище 10 °С температури навколишнього середовища – контроль крупності пластівців (відбір мучки) – фасування пластівців.

Визначено показники хімічного складу круп'яних продуктів з кукурудзи (табл. 5). Показано, що у крупі та пластівцях кукурудзи вміст крохмалю складає 70,4-72,5 %, білка – 8,82-9,84 %, жиру – 0,92-0,97 %, зольність – 0,62-0,65 %. Встановлено, що у порівнянні із крупою кукурудзяні пластівці мають кращі споживчі показники (табл. 6) – їх достатньо запарювати протягом 4-6 хв. проти часу варіння крупи 14-16 хв.

Таблиця 5 – Хімічний склад круп'яних кукурудзяних продуктів

Продукт	Вологість, %	Крохмаль, %	Білок, %	Жир, %	Зольність, %
Крупа шліфована №4	13,1	71,4	8,92	0,97	0,63
Крупа шліфована №4 (крупна)	13,0	72,5	8,82	0,95	0,65
Борошно обойне	13,0	76,8	7,58	1,82	0,60
Пластівці дрібні	14,0	71,1	9,20	0,82	0,63
Пластівці дрібні (у лабораторних умовах)	14,1	70,4	9,65	0,96	0,64
Пластівці дрібні (у напіввиробничих умовах)	13,9	70,9	9,84	0,94	0,62

Таблиця 6 – Фізичні властивості пластівців, отриманих за різних умов

Продукт	Модуль крупності, мм	Міцність, %	Товщина, мм	Час варіння, хв	Час запарювання, хв.	Коефіцієнт набування
Крупа шліфована №4	1,72	—	—	22	—	2,4
Крупа шліфована №4 (крупна)	1,86	—	—	25	—	2,2
Пластівці дрібні (у виробничих умовах)	2,36	2,6-3,2	0,3-0,4	—	4	3,5
Пластівці дрібні (у лабораторних умовах)	1,77	3,8-5,1	0,4-0,6	4	—	3,2
Пластівці дрібні (у напіввиробничих умовах)	2,22	2,5-3,4	0,3-0,5	—	5	3,4

Досліджено закономірність зміни показників якості крупи та пластівців при їх зберіганні в поліпропіленових пакетах. Доведено, що при зберіганні протягом 12 міс. за показниками МАФАНМ та кількості пліснявих грибів усі досліджувані зразки відповідали обмежувальним значенням, встановленим для МАФАНМ – 5×10^4 КУО/г та для пліснявих грибів – 5×10^2 КУО/г. Бактерій групи кишкових паличок (коліформ) та патогенних мікроорганізмів – не виявлено.

Таким чином, в результаті проведених досліджень хімічного складу та процесу зберігання круп'яних продуктів з зерна кукурудзи, отриманих при рекомендованих режимах, підтверджено спроможність їх до довгострокового зберігання. При початкової вологості крупи вологістю не більше 13,0 % та пластівців вологістю не більше 14,0%, у яких вміст жиру не перевищує 1,0 %, рекомендований строк зберігання у поліпропіленових пакетах при температурі не вище 20 °C і відносній вологості не вище 70 % складає 12 місяців.

Результати досліджень апробовані у виробничих умовах Сквирського КХП. Застосування рекомендованих режимів подрібнення зерна кукурудзи на дежермінаторі дозволило збільшити загальний вихід крупи кукурудзяної з 47,2 до 49,7 %. Розрахункова економічна ефективність при застосуванні рекомендованих режимів етапу подрібнення зерна на дежермінаторі складає 4,39 млн грн. на рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі проведених комплексних теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію виробництва кукурудзяних круп, що дозволить підвищити техніко-економічні показники зернопереробних підприємств.

1. Проаналізовано типовий та сортовий склад зерна кукурудзи, що вирощувалася в Україні у 2016-2018 роках. Виявлено, що за групою стиглості основну частку сортів складали середньоранні та середньостиглі сорти – 46,6-52,9 та 39,3-46,4 %; за типовим складом переважна частка припадає на зубоподібну кукурудзу – 57,8-61,3 %, частка напівзубоподібної кукурудзи – 24,3-26,2 %, кременистої – 9,6-14,4 %.

2. Встановлено технологічні показники якості: маса 1000 зерен – 235-310 г; натура – 790-815 г/л та хімічний склад зерна кукурудзи, що перероблялось у 2016-2018 рр. на зернопереробних підприємствах України: вміст білка – 8,6-11,3 %; жиру – 5,8 до 7,6 %; крохмалю – 67,2 до 70,4 %; золи – 2,20 до 2,41 %. Визначено, що зерно кукурудзи, яке надходить на переробку, після збирання та післязбиральної обробки вже має певну кількість тріщинуватих зерен, причому найбільша кількість тріщинуватих зерен є характерною для кременистої кукурудзи – 50-89 % та напівзубоподібної кукурудзи – 32-84 %; у зубоподібної кукурудзи тріщинуватість менша – 25-73 %. Встановлено, що за вмістом токсичних елементів та вмістом мікотоксинів зерно кукурудзи, що поступало на переробку, відповідало вимогам п. 6.1 додатку Б стандарту ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови».

3. Встановлено, що у процесі підготовки зерна напівзубоподібної кукурудзи до переробки відбувається збільшення вмісту битого зерна з 22,6 до 35,8 %, загальної тріщинуватості у цілому зерні – з 68 до 78 %, вмісту зерен з трьома або більше тріщинами – з 8 до 25 %. Рекомендовано контролювати загальну тріщинуватість та кількість зерен з трьома або більше тріщинами при прийомі зерна на переробку. Для напівзубоподібної кукурудзи загальна тріщинуватість повинна бути не більше 40 %, вміст зерен з трьома або більше тріщинами – не більше 5 %; для кукурудзи кременистого типу загальна тріщинуватість – не більше 50 %, вміст зерен з трьома або більше тріщинами – не більше 10 %.

4. Доведено доцільність застосування зволоження зерна кукурудзи перед його подрібненням на вальцьовому верстаті, що приводить до збільшення виходу зародка в крупних фракціях продуктів подрібнення ($—/\varnothing 4,0$) – з 5,9 % у сухому зерні до 6,4-6,8 % у зволоженому зерні. Рекомендовано режими вологотеплової обробки: вологість зерна – 14-16 %, зволоження протягом 40 хв.

5. Науково обґрунтовано режими роботи дежермінатора. Запропоновано для оперативного регулювання використовувати показник загального вилучення, який можна визначати просіюванням 100-грамової наважки сходового продукту на ситі $\varnothing 3,0$. Для забезпечення високої якості кукурудзяних круп'яних продуктів рекомендуємо контролювати якість сходового продукту дежермінатора: вміст жиру повинен бути не більше 1,8-2,0 % при виробництві продуктів довгострокового зберігання та для дитячого харчування; не більше 2,0-2,3 % – при виробництві звичайних кукурудзяних продуктів. Для забезпечення вмісту жиру у крупі на рівні 0,6-0,8 та 0,8-1,0 % загальне вилучення дрібних продуктів при переробці кукурудзи зубоподібного типу повинно бути у межах 28-33 та 23-28 % відповідно, для кременистої кукурудзи – 20-24 та 16-20 % відповідно.

6. Науково обґрунтовано оптимальні режими ВТО крупи та запропоновано удосконалену технологічну схему виробництва дрібних кукурудзяних пластівців з використанням етапу кондиціонування крупи, яка вміщує наступні операції: прийом крупи №4 у оперативні бункери – зволоження її до $17,0 \pm 0,2$ % – відволоження у бункерах – контроль наявності металомангнітних домішок – пропарювання крупи парою з тиском 0,1-0,15 МПа з тривалістю темперування 30-40 хв. – плющення крупи до товщини пластівців 0,3-0,4 мм – сушіння пластівців до вологості не більше 14,0 % – охолодження до температури, що не перевищує на 10 °С температуру навколишнього середовища, – контроль крупності пластівців (відбір мучки) – фасування пластівців. Використання у схемі виробництва дрібних кукурудзяних пластівців етапу зволоження вихідної крупи дозволяє зменшити тривалість температурної обробки, тобто краще зберегти цінні поживні складові, а також зменшити енерговитрати на виробництво пластівців.

7. Визначено показники хімічного складу круп'яних продуктів з кукурудзи. Показано, що у крупі та пластівцях кукурудзи вміст крохмалю складає 70,4-72,5 %, білку – 8,82-9,84 %, жиру – 0,92-0,97 %, золи – 0,62-0,65 %. Встановлено, що у порівнянні із крупою кукурудзяні пластівці мають кращі

споживчі показники – їх достатньо запарювати протягом 4-6 хв. проти часу варіння крупи 14-16 хв. Рекомендований строк зберігання у поліпропіленових пакетах при температурі не вище 20 °С і відносній вологості не вище 70 % крупи вологістю не більше 13,0 % та пластівців вологістю не більше 14,0 % складає 12 місяців.

8. Апробація рекомендованих режимів дежермінатора та способу їх контролю за показником вилучення у промислових умовах Сквирського КХП при переробці зубоподібної кукурудзи дозволила зменшити вихід борошна, кормової мучки та побічного продукту. При цьому збільшився загальний вихід крупи з 47,2 до 49,7 % за рахунок збільшення виходу крупи шліфованої № 4 на 2,1 %, крупи шліфованої № 5 – на 3,0 % та зменшення виходу крупи дрібної Екстра на 2,7 %. Розрахункова економічна ефективність при застосуванні рекомендованих режимів етапу подрібнення зерна на дежермінаторі складає 4,39 млн грн. на рік.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз:

1. Shapovalenko, O. Features of Corn Consumption in the Food Production Industry. / O. Shapovalenko, I. Kustov, R. Rybchynskiy. // Grain Products and Mixed Fodder's, 2019. – Vol. 19, No. 1. – P. 28–36. (*Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук, а також індексується у наукометричній базі Index Copernicus*).

2. Шаповаленко, О. І. Технологічна характеристика зерна кукурудзи / О. І. Шаповаленко, Р. С. Рибчинський, І. О. Кустов // Наукові праці ОНАХТ, 2019. – Vol. 83, No. 2. – С. 39–43. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1531> (*Збірник входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук, а також індексується у наукометричній базі Index Copernicus*).

3. Шаповаленко, О. І. Дослідження параметрів вологотеплової обробки дрібних кукурудзяних пластівців / О.І. Шаповаленко, Р.С. Рибчинський // Наукові праці НУХТ, 2019. – Vol. 25, No. 6. – С. 172–181. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2019-25-6-23> (*Збірник входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук, а також індексується у наукометричній базі Index Copernicus*).

4. Rybchynskiy, R. Modes of Production Small Corn Flakes in Semi-Industrial Conditions / R. Rybchynskiy // Grain Products and Mixed Fodder's, 2019. – Vol. 19, No. 4. – P. 22–29. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v19i4.1585> (*Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук, а також індексується у наукометричній базі Index Copernicus*).

5. Rybchynskiy, R. Features of the chemical composition of corn grits at the different degerminator modes in the dent corn processing / R. Rybchynskiy, S. Sots, I. Kustov // Food science and technology, 2020. – Vol. 14, No. 2. – P. 120-128. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1729> (*Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук, а також індексується у наукометричній базі Web of Science*).

6. Rybchynskiy, R. Change of stress crack in corn kernel during its preparation for processing / R. Rybchynskiy // Grain Products and Mixed Fodder's, 2020. – Vol. 20, No.2.–P. 14–18. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v20i2.1760> (*Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук, а також індексується у наукометричній базі Index Copernicus*).

Тези доповідей та матеріали конференцій:

7. Рибчинський, Р. С. Характеристика зерна кукурудзи, що вирощується і переробляється в Україні: Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів», Одеса, 25-30 вересня 2017 р. / Одеська нац. акад. харч. технологій, Одеса, ОНАХТ, 2017. С. 7–9.

8. Кустов, І. О., Рибчинський, Р. С. Напрями використання зерна кукурудзи як круп'яної культури: Monografia Pokonferencyj na Science, Research, Development #21, Poznan, 29.09.2019-30.09.2019, Warszawa, Diamond trading tour, 2019. С. 41–42.

9. Рыбчинский, Р. С. Исследование эффективности работы дежерминатора при переработке кукурузы кремнистого типа: Материалы международной научно-практической конференции «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства», 24-25 октября 2019 года, Алматы, АТУ, 2019. С. 139–141.

10. Кустов, І. О., Рибчинський, Р. С. Особливості переробки зерна кукурудзи в круп'яному виробництві: Збірник наукових матеріалів XXXIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інновації в науці: сучасні виклики», 07 жовтня 2019 року, Вінниця, Ч. 3, 2019. С. 61–66.

11. Шаповаленко, О. І., Рибчинський, Р. С. Режими вологотеплової обробки виробництва дрібних кукурудзяних пластівців: Програма та тези матеріалів VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», 5-6 листопада 2019 р., м. Київ, НУХТ, 2019. С. 135–137.

12. Рибчинський, Р. С. Особливості вилучення зародку кукурудзи: Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні напрямки технології та процесів переробних та харчових виробництв», м. Харків, 8 листопада 2019 р. С. 67–69.

13. Кустов, І. О., Рибчинський, Р. С. Дослідження режимів воднотеплової обробки кукурудзяної крупи при виробництві пластівців: Monografia Pokonferencyj na Science, Research, Development #24, Zakopane, 29.12.2019 - 30.12.2019, Warszawa, Diamond trading tour, 2019. С. 31–34.

14. Шаповаленко, О., Кустов, І., Рыбчинский, Р. Содержание зародыша в продуктах измелчения дежерминатора: Международная научно-практическая конференция «Зерновая отрасль: состояние и перспективы развития», посвященная 70-летию академика национальной академии наук республики Казахстан Изтаева Ауелбека Изтаевича, Алматы, 28 февраля 2020 года, Алматы, АТУ, 2020. С. 197–198.

15. Рыбчинский, Р. С., Кустов, И. А. Влияние влажности на процесс измелчения зерна кукурузы: Материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф.

«Техника и технология пищевых производств», 23–24 апреля 2020 г., Могилев, Т.1, МГУП, 2020. С. 131–132.

16. Рибчинський, Р. С. Вплив тріщинуватості на технологічні властивості кукурудзи: Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів», Одеса, 22-25 вересня 2020 р. / Одеська нац. акад. харч. технологій, Одеса, ОНАХТ, 2020. С. 28–29.

Патенти:

17. Спосіб виробництва плющеної кукурудзяної крупи: пат. на корисну мод. 137207 Україна. / Р. С. Рибчинський; № u201903325; заяв. 02.04.2019; опуб. 10.10.2019, бюл. №19.

АНОТАЦІЯ

Рибчинський Р. С. Удосконалення технології виробництва кукурудзяних круп. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.02 – Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

Дисертація присвячена розробленню рекомендацій з удосконалення технології виробництва кукурудзяних круп шляхом науково-практичного обґрунтування окремих етапів підготовки та переробки зерна кукурудзи.

Встановлено закономірність зміни виходу фракцій та вмісту зародку при зміні режимів дежермінатора. Рекомендовано для забезпечення вмісту жиру у крупі на рівні 0,6-0,8 та 0,8-1,0 % загальне вилучення дрібних продуктів при переробці кукурудзи зубоподібного типу повинно бути у межах 28-33 та 23-28 % відповідно, для кременистої кукурудзи – 20-24 та 16-20 % відповідно.

Визначено, що при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців технологічно доцільним є застосування зволоження крупи перед її направленням на пропарювання. Оптимальними режимами при такому способі ВТО є вологість крупи перед пропарюванням – $17 \pm 0,2$ %, пропарювання при атмосферних умовах протягом 7,5-10 хв., тривалість темперування – 30-40 хв. Визначено показники хімічного складу та строки зберігання круп'яних продуктів з кукурудзи.

Результати досліджень апробовані у виробничих умовах Сквирського КХП. Економічна ефективність при застосуванні рекомендованих режимів етапу подрібнення зерна на дежермінаторі складає 4,39 млн грн.

Ключові слова: кукурудза, режими, напівзубоподібна, кремениста, крупи, пластівці, дежермінатор, вологотеплова обробка.

SUMMARY

Rybchynskyi, R. Improving the technology of production of corn grits. – Qualifying scientific paper as manuscript.

The dissertation for obtaining the academic degree of the Candidate of Technical Sciences in specialty 05.18.02– Technology of grain, legumes, cereals

product and mixed feeds, oilseed and bast crops. – National University of Food Technologies. Ministry of Education and Science of Ukraine. Kyiv, 2021.

The dissertation is dedicated to the development of recommendations for improving the technology of production the corn groats by scientific and practical substantiation of separate stages of preparation and processing of corn grain.

Samples of corn grain processed at Ukrainian enterprises in 2016-2018 were analyzed; intermediates and finished corn products obtained in industrial and laboratory conditions, as well as parameters and modes of stages: cleaning and corn grain intake, tempering of corn grain, degermination of corn grain and tempering of corn groats in the production of small corn flakes.

It is determined that the number of sown areas in Ukraine allocated for corn in 2016-2018 reached 2.8-3.5 million hectares. The bulk of corn was sown in the central and northern regions, the minimum area of land sown for corn was in the southern and eastern regions. The varietal composition of corn grain, which is distributed on the territory of Ukraine, has been established. It is shown that among the high number of varieties included in the state register of plant varieties in 2016-2018, half of the land for corn was sown only with 25-30 varieties. Based on statistical analysis, the predominant part in the typical composition of corn grain that grown in Ukraine was confirmed, dent type – 57.8-61.3 % and to a lesser extent semi-dent type – 24.3-26.2 %. The part of more technological flint corn is only 9.6-14.4 %, consequently when justifying the modes of processing corn into cereals, more attention should be paid to the modes of processing corn grain dent type or semi-dent type. It is determined that the grain of corn entering for processing, after its harvesting and post-harvest processing already has a certain number of cracked grains. The largest stress crack of corn grain is characteristic of flint corn – 50-89 % and semi-dent corn – 32-84 %; in dent corn stress crack is less – 25-73 %.

Technological indicators of corn grain quality are established: specific weight of grains – 235-310 g; bulk density – 790-815 g/l. The chemical composition of corn grain processed in 2016-2018 was studied: protein content – 8.6-11.3 %; fat content – 5.8 to 7.6 %; starch content – 67.2 to 70.4 %; ash content – 2.20 to 2.41. It is established that according to technological properties, chemical composition and indicators the studied samples of corn grain had the necessary quality indicators for their further use as raw materials for the production of cereals and flakes.

The regularity of the change in the fractions yield and the germ content when changing the regimes of the degerminator is established. With increasing gap on the degerminator (decrease in total extraction from 34.9 to 12.4 % – for dent corn; from 27.3 to 13.6 % – for flint corn), the yield of large fractions of intermediate products in the overtail of the degerminator increases from 65.1 to 87.6 % for dent corn, from 72.7 to 86.4 % – for flint corn, but in the overtail of the degerminator remains a large number of germ – 25.9 % for dent corn and 19.2 % for flint corn, respectively. It is recommended to control the quality of the degerminator overtail product: the fat content should not exceed 2.0-2.2 % – in the production of long-term storage products and for baby food not more than 2.3-2.5 % – in the production of conventional corn products. It is proposed to use the rate of total extraction for operational control, which can be determined by sieving a 100-gram portion of the

overtail product on a sieve Ø 3.0. To ensure the fat content in cereals at the level of 0.6-0.8 and 0.8-1.0 %, the total extraction in the processing of dent-type corn should be in the range of 28-33 and 23-28 %, respectively, for flint corn – 20-24 and 16-20 %, respectively.

It is determined that in the production of flakes in semi-production conditions it is technologically expedient to use moistening of cereals stage before sending them for steaming in the production of small corn flakes. The optimal modes for this method of tempering are: the humidity of cereals before steaming – 17 ± 0.2 %, steaming time – 7.5-10 minutes, the duration of tempering – 30-40 minutes.

The chemical composition of corn cereals has been determined. It is shown that in corn and cereal flakes the starch content is 70.4-72.5 %, protein content – 8.82-9.84 %, fat content – 0.92-0.97 %, ash content – 0.62-0.65 %. It is established that in comparison with groats corn, the flakes have the best indicators – it is enough to steam them within 4-6 minutes against time of cooking of groats of 14-16 minutes. The regularity of changes in the quality indicators of cereals and flakes during their storage in polypropylene package has been studied. It has been proven that corn cereals meet the limit values when storing for 12 months in terms of QMAFAnM.

The research results were tested in the production conditions of the Dnieper Food Concentrate Plant and Skvyrskyi Grain Processing Factory. Economic efficiency when applying the recommended modes of the stage of grain grinding on the degerminator is 4.39 mln. UAH.

The scientific novelty of the obtained solutions is protected by the patent of Ukraine for the utility model № 137207, and the practical value is confirmed by the results of industrial approbations.

Keywords: corn, operation modes, semident, flint, groats (cereals), flakes, degerminator, tempering pretreatment.