

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра Харчових технологій

Допущено до захисту

_____ 20____ р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н, доцент

_____ Андрій ЧЕРНЕГА

(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА

**Оптимізація процесів теплового оброблення зерна пшениці спельти за використання
методів адресної доставки енергії**

Виконав (ла) – студент (ка) II курсу, групи 21 м-з-тз
освітньої програми Технології зерна та зернопродуктів
спеціальності 181 «Харчові технології»
Бондарчук Інна Сергіївна

Науковий керівник –
к.т.н., доцент Володимир НОВІКОВ

УМАНЬ – 2023

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	3
АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1. Відомості про пшеницю спельту.....	10
1.2. Особливості перероблення пшениці на круп'яні продукти	13
1.3. Інноваційні способи водотеплового оброблення зерна пшениці спельти...17	
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ	
ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1. Умови проведення дослідження.....	20
2.2. Схема проведення дослідження	20
2.3. Методика проведення досліджень	21
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	23
3.1. Аналітична оцінка отриманих даних. Первинна статистична обробка	23
3.2. Вплив режимів водотеплового оброблення на вихід крупи.....	29
3.3. Вплив режимів водотеплового оброблення на вихід мучки та дрібки	31
3.4. Вплив режимів водотеплового оброблення на температуру продукту.....	33
3.5. Вплив режимів водотеплового оброблення на вологість продукту	35
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	38
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
5.1 Організація умов охорони праці на робочому місці	40
5.2 Розроблення заходів з охорони праці	41
5.3 Моделювання небезпечних ситуацій.....	41
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	43
ВИСНОВКИ	44

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТКИ.....	53
Додаток А	54
Додаток Б.....	55
Додаток В.....	68
Додаток Г	72
Додаток Д.....	105

АНОТАЦІЯ

qualification work of the part-time student of Uman NUS Bondarchuk Inna Sergeevna on the topic: "Optimization of the processes of heat treatment of spelt wheat grain using methods of targeted energy delivery ", submitted for a master's degree in the specialty 181 Food Technology

Currently, there is a growing need to use innovative methods of heat energy delivery. Since the full-scale invasion of Ukraine by the troops of the Russian Federation, the food industry has noticed the need for variability in the choice of energy resources. Recently, the requirement to establish logistics processes has increased significantly, which is also a consequence of the outbreak of hostilities.

Food security plays an important role during the war and the post-war period, which consists in stable production and meeting the population's need for food. The experience of the first period of military aggression testifies to the need to ensure long-term storage of food products, the production of products with high biological value, those that have a short cooking time, or are ready for consumption. Products must be safe, despite the complexities of their modern production, and have high indicators of culinary quality. These tasks are known for the food industry and in the past were dictated by the marketing features of the food market. Today, these requirements are mandatory for consideration and implementation at food industry enterprises.

Cereal products are well-known and traditional foods. Cereals stand out favorably in comparison with other food products by their high biological value, the presence of fiber of plant origin, and high indicators of culinary quality. Cereals are capable of long-term storage, which is 8-9 months, and can be extended using heat treatment of raw materials and removal during processing of the germ.

Purpose and objectives of the study. To substantiate the rational modes of water-thermal treatment of spelt wheat grain using the irradiation of the electromagnetic field of ultra-high frequency currents.

The object of research is the technology of cereal products.

The subject of the research is water-heat treatment of grain.

Research methods are empirical, theoretical.

Scientific novelty of the results obtained. For the first time, a comprehensive assessment of the technological properties of spelt wheat grain of the Zorya Ukrainy variety, which was processed under different modes of water-heat treatment, which consisted in moistening the grain, dampening and processing of ultra-high frequency currents in an electromagnetic field, was carried out. A positive effect of moistening spelt wheat before processing ultra-high frequency currents in an electromagnetic field has been established. Excessive moistening has a negative effect, which consists in the need for additional drying of the grain after flattening. The use of the electromagnetic field of ultra-high frequency currents is a promising analogue of traditional water-heat treatment and is recommended for implementation at low-productivity enterprises.

Practical significance of the research results obtained. The obtained results of scientific research are of practical importance, which consists in the development of production recommendations indicating the sequence of technological processes and features of setting up technological equipment. The use of the proposed solutions will significantly increase the variation in the food industry enterprises (cereal production) and increase the adaptive capacity for resource provision.

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Нині зростає потреба у застосуванні інноваційних способів доставлення теплової енергії. Починаючи із повномасштабного вторгнення на територію України військ російської федерації, виробництва харчової промисловості особливо гостро помітили потребу у варіативності вибору енергетичних ресурсів. Останнім часом суттєво зростає вимога налагодження логістичних процесів, що також є наслідком початку воєнних дій.

Важливе значення у час війни та повоєнний період відіграє продовольча безпека, що полягає у стабільному виробництві та забезпечення потреби населення у продуктах харчування. Досвід першого періоду військової агресії свідчить про необхідність забезпечення довготривалого зберігання харчових продуктів, вироблення продукції із високою біологічною цінністю, такої, що має малу тривалість приготування, або готова до споживання. Продукція має бути безпечною незважаючи на складності сучасного її виробництва та володіти високими показниками кулінарної якості. Вказані завадання відомі для харчової промисловості та у минулому були продиктовані маркетинговими особливостями ринку харчових продуктів. Сьогодні вказані вимоги є обов'язковими до розгляду та впровадження на підприємствах харчової промисловості [1].

Круп'яні продукти є відомими та традиційними продуктами харчування. Вигідно вирізняються крупи порівняно із іншими продуктами харчування високою біологічною цінністю, наявністю клітковини рослинного походження, високими показниками кулінарної якості. Крупи здатні до довготривалого зберігання що становить 8-9 місяців та може бути подовженим за використання термічного оброблення сировини та видалення під час перероблення зародку.

Пшениця спельта - потенційна культура для виробництва крупів, що зумовлено високим вмістом білка та низькими хлібопекарськими якостями. За рахунок низького вмісту клейковинно утворювальних білків, пшениця спельта викликає менш інтенсивну алергічну реакцію у споживачів, що мають особливу чутливість до глютену [2].

Перероблення пшениці спельти на крупу плющену відповідає вимогам сучасності. Проте крупи плющені вимагають застосування дороговартісного в обслуговуванні та налагоджені водотеплового оброблення. На сьогодні функціонування підприємств високої продуктивності ускладнене. Тому перспективним є формування стратегій розвитку малих підприємств, розроблення відповідних технологічних рішень із адаптації відомих прийомів до вимог сучасності. Одним із шляхів вирішення відповідних завдань є використання інноваційних методів водотеплового оброблення сировини, що полягає у мінімізації втрат енергії під час її транспортування від генератора до оброблювального продукту. Тема роботи відображає актуальні потреби промисловості, направлена на зміцнення продовольчої безпеки країни, а тому є актуальною.

Мета і завдання дослідження. Обґрунтувати раціональні режими водотеплового оброблення зерна пшениці спельти за використання опромінення електромагнітного поля струмів надвисокої частоти.

Об'єкт дослідження - технологія круп'яних продуктів.

Предмет дослідження - водотеплове оброблення зерна.

Завдання дослідження:

- дослідити сутність процесів водотеплового оброблення зерна за використання інноваційних методів адресного доставлення теплової енергії;
- обґрунтувати раціональні режими ВТО під час виробництва крупів плющених.

Методи дослідження - емпіричні, теоретичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше проведено комплексне оцінювання технологічних властивостей зерна пшениці спельти сорту Зоря України, що оброблено за різних режимів водотеплового оброблення, що полягало у зволоженні зерна, відволодуванні та обробленні в електромагнітному полі струмів надвисокої частоти. Встановлено позитивний ефект від зволоження пшениці спельти перед обробленням в електромагнітному полі струмів надвисокої частоти. Надмірне зволоження має негативний ефект, що полягає у необхідності

додаткового досушування зерна після плющення. Використання електромагнітного поля струмів надвисоких частот є перспективним аналогом традиційного водотеплового оброблення та рекомендовано до впровадження на підприємствах низької продуктивності.

Практичне значення отриманих результатів досліджень. Отримані результати наукових досліджень мають практичне значення, що полягає у розробленні рекомендацій виробництва із зазначенням послідовності технологічних процесів та особливостей налаштування технологічного устаткування. Використання запропонованих рішень дозволить суттєво збільшити варіювання на підприємствах харчової промисловості (круп'яні виробництва) та збільшати адаптивну здатність що до ресурсозабезпечення.

Апробація результатів роботи. Основні твердження, що наведені у роботі висвітлені у матеріалах Всеукраїнської студентської конференції (Додаток А).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано тези доповіді на Всеукраїнській науковій конференції.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Відомості про пшеницю спельту

Зерно пшениці спельти (*Triticum spelta*) володіє рядом унікальних технологічних властивостей, які визначають його важливість у світовій аграрній промисловості та харчовій сфері. Спельта відома як один з найстаріших культурних видів зернових, і її характеристики створюють передумови для численних застосувань у виробництві хліба, круп, борошна та інших харчових продуктів [3].

Перші згадки про зерно пшениці спельти відносяться до 3-4 тис років до нашої ери. Під час дослідження місць життя стародавніх трепільців (у тому числі таких, які продиwali на території сучасної України), були виявлені залишки крупів, зерен пшениці спельти та полби. Ці культури досить схожі за технологічними властивостями проте за агротехнологічними ознаками вони різняться [4].

Однією з ключових особливостей зерна спельти є його висока стійкість до негоди та незвичайних атмосферних умов. Ця риса робить його ідеальним вибором для вирощування в регіонах зі складним кліматом, де інші види пшениці можуть виявлятися менш життєздатними. Корінь слова "спельта" походить від давньогрецького слова "σπελτον" (spelton), що означає "тверде зерно". Це добре підтверджує стійкість цього виду пшениці до різних впливів [5].

Відновлення зацікавленості у зерні пшениці спельти датується другою половиною двадцятого століття. Вказана культура використовувалась як основна для вирощування до початку промислової революції. Після впровадження основних прийомів мехнізації процесу збирання врожаю, перевагу почали надавати більш сприятливим до оброблення зразкам пшениці. Відновлення зацікавленості до даної культури було почато селекціонерами, які використовували її як потенційно цінний селекційний матеріал. Сильні сторони та переваги пшениці спельти вигідно використовували під час формувань маркетингових стратегій значна кількість вітчизняних переробних підприємств [6].

Однак у час війни, здатність вирощувати пшеницю спельту на ділянках, не придатних до вирощування інших культур, а також високі показники стійкості спельти до несприятливих біотичних та біотичних чинників природного середовища, вигідно вирізняє данну пшеницю для використання на територіях, що є віддаленими від зони бойових дій [7].

Зерно спельти також відрізняється особливим складом білків та глютену, який виявляється менш агресивним для людей, які мають алергію на глютен. Ця риса робить спельту привабливою альтернативою для тих, хто стикається з цією проблемою. Суть протікання захворювання “глютенізація” або целиакія полягає у алергічній реакції травної системи на клейковинноутворювальні білки. Клінічного вирішення вказаного захворювання нині немає. Рекомендації лікарів для хворих на целиакію полягають у дотриманні суворої дієти. Глютен міститься у більшості традиційних продуктах харчування, зокрема хлібі, борошняних виробах, кондитерських борошняних виробах, макаронах, що значно зменшує раціона харчових продуктів. Тому вивчення питання використання спельти для вироблення продуктів харчування цільового призначення є актуальним завданням. Проте нині існують дослідження, які спростовують придатність продуктів перероблення пшениці спельти для використання для людей, що хворі на целиакію. Вони свідчать, що покращення самопочуття пацієнтів, які споживали хліб із зерна спельти полягає у ефекті “плацебо” [8-10].

Більш того, спельта містить багато корисних мінералів та вітамінів, таких як залізо, магній, вітамін В3 та інші, що робить її поживною та цінною для здорового харчування [11].

Залізо - важливий мікроелемент, що входить до складу значної кількості важливих для нормального функціонування систем організму людини білків. найбільш вагомим білком для організму людини є гемоглобін (особливий білок, який входить до складу еритроцитів). Зниження заліза в організмі викликає зменшення кількості еритроцитів та суттєвий дефіцит кисню в клітинах організму людини. Під час життєдіяльності в організмі утворюється низка шкідливих речовин, у тому числі токсичних. В організмі передбачені системи протидії таким

речовинам, що забезпечено у тому числі ферментами-хитохромами, до складу яких входить залізо. Залізо досить важливе для функціонування ендокринної системи, щитоподібної залози, утворення ДНК, підтримування імунітету. недостатня кількість заліза, що організм отримує із продуктами харчування або у наслідок розвитку та протікання захворювань є причиною розвитку анемії різних типів. Для нормального функціонування людського організму необхідно забезпечити надходження щоденно не менше 8-15 мг за умови витрати заліза організмом 1-1,5 мг заліза на добу [12-14].

Магній - важливий мікроелемент, що міститься в кістках та зубах. Не значна кількість магнію міститься у м'язах та крові. Головними функціями магнію у організмі людини є нормальне функціонування травної системи, зниження ймовірності цукрового діабету, зміцнення кісток та зубів, підвищення засвоєння вітамінів групи С та В, нормалізація обмінних процесів, що сприяє схудненню, зміцнення імунітету, підтримка нормального функціонування серця та кровоносної системи [15].

Зерно спельти також володіє відмінним смаковим профілем, надаючи хлібу і крупам неповторний, трохи горішковатий смак, який додає виробам індивідуальну ноту. Такий смаковий аромат стає особливо цінним для виробників хліба та кондитерських виробів [16].

Нікотинова кислота (ніацин, вітамін В3 або 33) - важлива складова для функціонування важливих систем організму, зокрема приймає участь у процесах засвоєння поживних речовин, синтезу ферментів, попереджає розвиток атеросклерозу. Це досить стійкий до дії зовнішніх факторів вітамін групи В. Ніацин розповсюджений рівномірно в організмі людини, а тому його надходження особливо важливе із продуктами харчування [17].

Вітаміни та біологічно активні речовини, мікро та макроелементи розподілені у зернівці нерівномірно. Найбільша концентрація цих речовин спостерігається у поверхневих шарах (оболонки та алеїроновий шар). Ці анатомічні частини у тому числі містять низку негативних для людини речовин, зокрема важкі метали та радіоактивні елементи. Тому за класичних технологій ці частини видаляються із

продуктів готових до споживання. Вирощування пшениці спельти за органічними технологіями дозволяє розглядати її для виробництв цільнозернових продуктів підвищеної біологічної цінності [18].

У підсумку, технологічні властивості зерна пшениці спельти, такі як стійкість до негоди, специфічний склад білків та глютену, вміст корисних мінералів і вітамінів, а також унікальний смаковий профіль, роблять його цінним компонентом в харчовій промисловості та в харчуванні в цілому. Важливо відзначити, що ці властивості роблять спельту не тільки смачною, але й корисною для споживачів у всьому світі [19].

Подібні технологічні властивості зерна пшениці спельти до традиційних видів пшениць дозволяє використовувати стандартні методи первинного оброблення, зокрема очищення від домішок, що відрізняються за довжиною, шириною та товщиною, аеродинамічними властивостями. Домішки, що відрізняються за геометричними властивостями та аеродинамічними властивостями займають значну частку від загальної кількості домішок. Очищення зернової маси від інших видів включень не залежить від технологічних властивостей основного зерна. Тому сумуючи ознаки пшениці спельти, можна зазначити високі поживні характеристики та можливість перероблення на типовому технологічному устаткуванні, що дозволяє рекомендувати до широкого впровадження технологій перероблення спельти у виробництво [20-24].

1.2. Особливості перероблення пшениці на круп'яні продукти

Крпи із пшениці - поширений та традиційний продукт для Європи, Азії та окремих країн Африки. Асортимент крупів залежить від умов їх отримання. Крупи із пшениці можна поділити на крупи номерні (шліфовані та подрібнені, що вироблені із пшениці твердої або м'якої) та крпи плющені. Згідно чинних рекомендацій крупи плющені із пшениці виробляють із крупів номерних. Аналізуючи рекомендовані технології, помітно, що вихід круп'яних продуктів досить низький (60–63 %), а крупів №1 і 2, які рекомендовані до перероблення на

крупни плющені виробляють близько 10–12 %. Решта зерна переходить до відходів у процесі виробництва у вигляді мучки та лузги, що використовують у кормових цілях. Мучка суттєво дешевша за крупи, проте містить значну частку ендосперму. Тому напрямок оптимізації технологій перероблення крупів слід направляти на збільшення виходу круп'яних продуктів та зменшення кількості відходів виробництва, зокрема за рахунок розроблення технологій виробництва цільнозернових продуктів та крупів із високим залишковим вмістом клітковини [25].

Особливості основних технологічних процесів перероблення пшениці на крупи наведено нижче.

Важливим етапом перероблення зерна пшениці є первинне оброблення. Досвід провідних країн ЄС свідчить про перспективну практику “від лану до столу”, що полягає у контролі технологічних операцій від етапу збирання до вироблення готового продукту. На сьогодні класичні технології перероблення розділені. Первинне оброблення здійснює елеваторна промисловість, вироблення проміжних продуктів (крупів або борошна) проводять вторинні виробництва. Завдання цих виробництв регламентовано стандартами, які вимагають уточнення та вдосконалення. Тому в умовах малих фермерських господарств є можливість розроблення алгоритмів перероблення від етапу виробництва до перероблення. реалізувати відповідну стратегію на підприємствах високої продуктивності проблематично, що пов'язано із супутніми ризиками капітальних вкладень. Важливим під час первинного оброблення є доведення збіжжя до базових показників якості. В окремих випадках доцільним є застосування більш ефективного очищення на етапі первинного оброблення, що зменшує навантаження на основні потужності круп'яного виробництва [26-28].

Остаточне очищення відбувається в умовах круп'яного виробництва. Згідно із діючими вимогами, збіжжя може містити до 5 % домішок. Тому є виробнича необхідність застосувати заходи із звільнення зерна від домішок органічного та неорганічного походження. Враховуючи подібність технологічних властивостей пшениці спельти та пшениці м'якої, існує можливість застосування відомих

режимів очищення зерна та відповідного типового технологічного устаткування [29].

Важливим етапом виробництва круп'яних продуктів є водотеплова обробка зерна. За вироблення крупів використовують холодне та гаряче кондиціювання зерна. Холодне кондиціювання полягає у зволоженні зерна та його відволоженні впродовж котокотривалого періоду. Данна технологічна операція сприяє зміненню технологічних властивостей поверхневих шарів зернівки, надає їм більшу еластичність, що сприяє покращеному відділенню оболонок на подальшому процесу лущення зерна [30].

Гаряче кондиціювання (пропарювання) використовують під час виробництва крупів плющених. Суть процесу полягає у послідовному пропарюванню, сушінню, відволожуванню, плющенню та остаточного досушування та охолодження гоового продукту. за традиційних технологій вироблення крупів швидкорозварювальних, процес гарячого кондиціювання є одним із найбільш енерговитратним. Економічна ефективність застосування гарячого кондиціювання традиційними способами обґрунтована на підприємствах високої пробуктивності, що пов'язано із відносно не великою рентабельністю підприємств переробної промисловості. На малих підприємствах проводять виробництво крупів без застосування гарячого кондиціювання, проте таке виробництво є менш ефективним за рахунок значної кількості відходів виробництва [31].

Процесами механічного впливу на підприємствах круп'яної промисловості є лущення, шліфування, полірування, здрібнення. Головна мета вказаних процесів полягає у зміні фізичних властивостей продукту. Надмірна кількість поверхневих шарів негативно впливає на кулінарну якість каші, а крупи, що здрібнені характеризуються істотно меншою тривалістю приготування порівняно із крупами лущеними [32].

Після протікання процесів механічного впливу на зерна за виробництва круп'яних продуктів, утворюються проміжні продукти, зокрема мучка, дрібка, відходи різних категорій. Тому важливим завданням круп'яного виробництва є звільнення оброблених крупів від супутніх продуктів. Таке очищення проводять на

спеціалізованому технологічному устаткуванні. Очищення відбувається за відмінностями: аеродинамічними, геометричними, фізичним, фрикційними, тощо. Якість виокремлення кондиційних круп'яних продуктів зумовлює конкурентоздатність продукту на ринку [33].

Важливим рушієм сьогодення на ринку круп'яних продуктів є їх пакування. Продукти, які мають герметичне пакування вигідно вирізняються за рахунок подовженого терміну придатності, мінімальних ризиків ураження шкідниками хлібних запасів. Крім цього, сучасний ринок круп'яних продуктів забезпечує наявну потребу більшості споживачів, а тому для підвищення конкурентоздатності нового продукту слід розробляти ефективну рекламу у тому числі робити пакувальну упаковку більш привабливою для споживача [34].

Упаковка для крупів сьогодні відзначається високим рівнем технологічних інновацій, спрямованих на задоволення потреб споживачів і збереження продукту у найкращому стані [35].

Сучасні упаковки для крупів використовують різноманітні матеріали з метою забезпечення оптимальних умов збереження. Однією з найпоширеніших матеріалів є пластикові пакети, які відмінно захищають від вологи та зовнішніх впливів. Деякі виробники використовують також паперові пакети, які є екологічно чистими [36].

Упаковки для крупів часто оснащуються герметичними клапанами або застібками, які забезпечують повну герметичність. Це допомагає уникнути вологи та забезпечити тривалий термін зберігання [37].

Деякі крупи, особливо ті, що містять велику кількість олій, можуть бути чутливими до впливу світла і ультрафіолету. Упаковки забезпечують надійний захист від цих факторів завдяки використанню спеціальних матеріалів і фарб [38].

Упаковка для крупів нерідко містить інформацію про продукт, таку як назва, виробник, склад, термін придатності та харчову вартість. Інформація подається відповідно до вимог законодавства та стандартів якості [39].

Сучасні упаковки дбають про зручність споживача. Зазвичай вони оснащені відкривачами, які полегшують відкриття та закриття пакету. Деякі упаковки також мають зручну форму, яка полегшує зберігання та використання [40].

Упаковки для крупів можуть бути розроблені з урахуванням екологічних питань. Наприклад, деякі виробники використовують біорозкладаючі матеріали або виготовляють упаковки, які можна повторно використовувати [41].

1.3. Інноваційні способи водотеплового оброблення зерна пшениці спельти

Спельта має подібну анатомічну будову до пшениць, традиційних до виробництва круп'яних продуктів. Це дозволяє використовувати типові устаткування та мінімізувати витрати на модернізацію основних фондів. Проте властивості анатомічних частин спельти ніні вивчені не достатню. За проведеними дослідженнями слідує, що властивості спельти відмінні за тепловологопровідністю. Це зумовлює необхідність до проведення додаткових досліджень для гарантування оптимальних режимів перероблення цієї культури [42].

Інноваційним аналогом традиційного гарячого кондиціювання зерна пшениці спельти є оброблення в електромагнітному полі перед плющенням.

Суть процесу оброблення харчового продукту в електромагнітному полі струмів надвисокої частоти, який також відомий як обробка високочастотними полями (HFP), полягає в використанні електромагнітного випромінювання високої частоти для збільшення тривалості зберігання та зниження мікробного забруднення харчових продуктів [43].

Процес оброблення високочастотними полями включає підготовку харчового продукту. Не допускається наявність в продукті, що підлягає обробленню в ЕП НВЧ металевих включень [44].

Оброблення в ЕП НВЧ відбувається в спеціально облаштованих камерах. генерація електромагнітного поля відбувається за рахунок магнетрона. Магнетрон - це електронна вакуумна лампа, яка використовується для генерації мікрохвильових електромагнітних хвиль, зокрема у мікрохвильових печах та інших пристроях. Принцип роботи магнетрона ґрунтується на використанні сильних магнітних полів та руху електронів в електричному полі [45].

Електромагнітне поле струмів надвисокої частоти (часто це мікрохвилі або радіочастотне випромінювання) генерує коливання молекул у продукті, які перетворюють електромагнітну енергію в теплову. Це дозволяє мінімізувати втрати теплової енергії, що відбуваються під час оброблення продукту традиційними методами, зокрема пропарювання [46].

Під впливом високочастотних полів молекули продукту нагріваються, що допомагає у зниженні кількості мікробів та ферментів, що можуть спричинити псування продукту. Дія електромагнітного поля на молекули води, що містяться в продукті пряма. Це означає, що тепла енергія починає генеруватись безпосередньо в організмах, що унеможлиблює утворення зигот або інших механізмів захисту від несприятливих чинників навколишнього природного середовища. Тому продукти, оброблені в ЕП НВЧ мають потенційно меншу кількість мікроорганізмів, що підвищує тривалість ефективного зберігання готового продукту. Слід зазначити, що оброблення пшениці спельти у ЕП НВЧ супроводжується швидким нагріванням продукту до температури 120-150 С. Така температура та експозиція витримування в ЕП НВЧ дозволяє знищувати залишкову частку мікрофлори [47-48].

Нині оброблення в ЕП НВЧ застосовують в елеваторній промисловості для знезаражування насіння, а тому є можливість трансферу апробованих рішень у технології виробництва крупів [49].

Питання безпечності оброблення продукту в ЕП НВЧ потребує додаткового вивчення. Слід зазначити, що оброблення зерна за запропонованою інноваційною технологією відбувається за подібних умов, що можна спостерігати у побутових приладах (мікрохвильових печах). Вони відомі давно та тривалий період перебувають у вжитку. Нині відсутні відомості про негативний вплив застосування побутових приладів, які генерують ЕП НВЧ на організм людини, а тому існує висока ймовірність й безпечного промислового використання вказаних технологій [50-51].

Отже, Пшениця спельта - перспективна аграрна культура, що володіє цінними агротехнічними властивостями та високими показниками біологічної цінності. Застосування пшениці спельти в технологіях виробництва круп'яних продуктів дозволить розширити асортимент та вивести на сучасний ринок продукти із високою біологічною цінністю. Особливості вирощування спельти полягає у застосування меншої кількості систем захисту рослин, що зменшує кількість важких металів на поверхні зерна. Це дає можливість розглядати культуру для вироблення цільнозернових круп'яних продуктів. Вимагає більш детального вивчення питання застосування інноваційних методів адресної доставки теплової енергії під час виробництва крупів плющених із зерна пшениці спельти.

РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Умови проведення дослідження

Дослідження проведені в умовах лабораторіафедри харчових технологій та НВВ. Сировина для досліджень вирощена в контрольованих умовах Правобережного лісостепу України. Дослідження проводили в контрольованих умовах.

2.2. Схема проведення дослідження

Схема отримання крупи в лабораторних умовах із застосуванням ЕП НВЧ наведена на рис. 2.1.

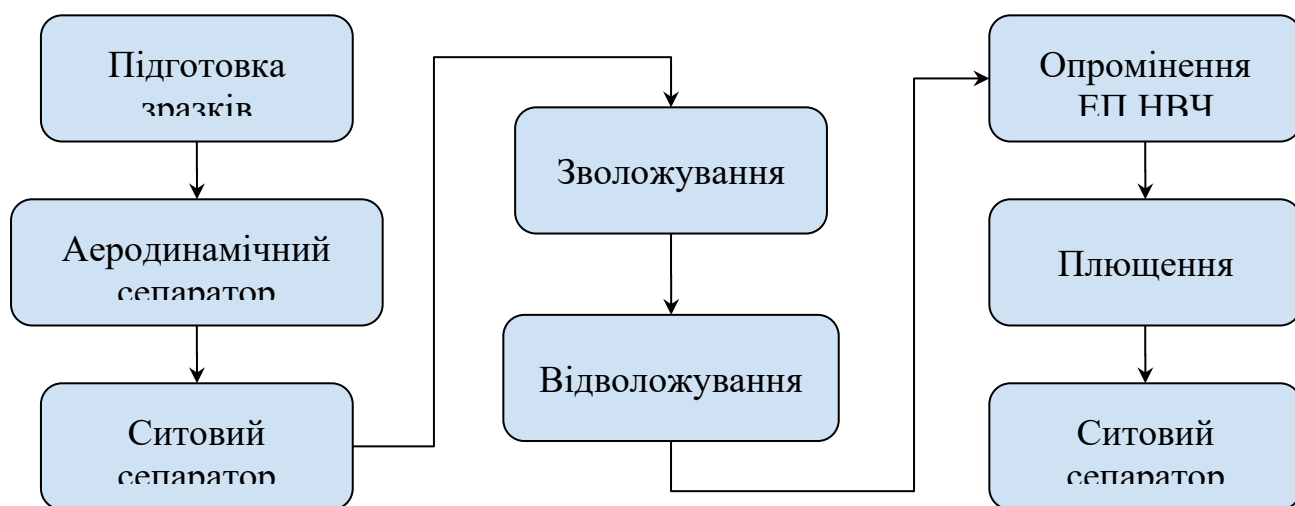


Рис. 2.1. Принципова схема виробництва крупи плющеної в лабораторних умовах

План експерименту наведено на рис. 2.2.

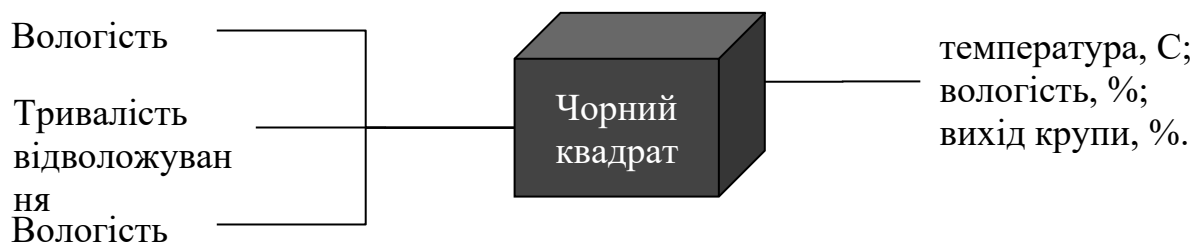


Рис. 2.2. План експерименту

Кроки та рівні показано у табл. 2.1

Таблиця 2.1

Кроки та рівні варіювання

Фактор	Тривалість опромінення, с	Вологість, %	Тривалість відволожування, с
МІН	30	12	15
0	90	15	30
МАКС	150	18	45
Крок	60	3	15

2.3. Методика проведення досліджень

Дослідження проводили у чотирьох повторностях.

Дослід 1. Визначення виходу крупи.

Наважку масою 200 г обробляли згідно технології зазначеної на рис. 2.1. Продукти, отримані після проходження ситового сепаратора розділяли на такі фракції:

- крупа плющена;
- дрібка;
- мучка.

Відходи та втрати виробництва рахували окремо. Крупу плющену отримували сходом сита 4 мм, дрібку - сходом сите 2 мм, мучку - проходом сита 2 мм та сходом сита 063. Зважування проводили із точністю до сотих. Вихід перераховували у абсолютні відсотки.

Дослід 2. Визначення температури крупи після оброблення.

Температуру визначали одразу після проведення витримування крупи у електромагнітному полі струмів надвисокої частоти за допомогою пірометра.

Температура вимірювали у різних точках зразка не менше трьох разів. У відомість результатів вказували середнє арифметичне значення, що надав прилад.

Дослід 3. Визначення вологості крупи після плющення.

Вологість визначали у готовому продукті (крупі плющений). Метод визначення вологості - арбітражний. Обладнання для дослідження - типове (СЕС-3М, бюкси, ексікатор). Точність вимірювання - до сотих.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналітична оцінка отриманих даних. Первинна статистична обробка

Результати аналітичних повторень наведено у додатку Б. Аналізуючи дані повторень, можна стверджувати про достатню якість отриманих даних вибірок аналітичних повторень, оскільки їх варіювання було несуттєвим.

Важливе значення для отримання достовірних статистичних прогнозів має вірний обраний метод опрацювання даних, що залежить від типу їх розподілення. Так, для неправильно розподілених даних доцільно використовувати непараметричні види статистичного оброблення. Для правильно розподілених даних доцільним є застосування параметричних видів статистики.

Комплексним аналізом даних (Додаток В) доведено, що тип розподілення даних був нерівномірним. Припущення про неправильний тип розподілення підтверджено тестами (табл. 3.1-3.7).

Таблиця 3.1

Аналіз даних (Вихід крупи, %)			
Розмір вибірки	108		
Середнє	88,012	Станд. відхилення	2,049
Медіана	0,000		
Асиметрія	-0,717	Асиметрія (Фішера)	-0,727
Ексцес	2,547		
Ексцес (-3)	-0,453	Ексцес (Фішера)	-0,417

Тест	Значення статистики	p-значення	H0 (5%)
Критерій Шапіро-Уїлка	0,927	1,777E-5	відхилена
Шапіро-Франція	0,931	8,101E-5	відхилена
Андерсона-Дарлінга	2,987	1,500E-7	відхилена

Крамера-фон Мізеса	0,530	1,392E-6	відхилена
Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)	0,145	2,297E-5	відхилена
Д'Агостіно Асиметрія	2,954	0,003	відхилена
Д'Агостіно Ексцес	-0,975	0,330	Не можна відхилити
Д'Агостіно загальне	9,679	0,008	відхилена
Жарка-Бера	10,169	0,006	відхилена

Таблиця 3.2

Аналіз даних (Вихід дрібки, %)

Розмір вибірки	108		
Середнє	10,476	Станд. відхилення	2,111
Медіана	0,000		
Асиметрія	0,737	Асиметрія (Фішера)	0,748
Ексцес	2,528		
Ексцес (-3)	-0,472	Ексцес (Фішера)	-0,437

Тест	Значення статистики	p-значення	Н0 (5%)
Критерій Шапіро-Уїлка	0,922	8,404E-6	відхилена
Шапіро-Франція	0,925	4,224E-5	відхилена
Андерсона-Дарлінга	3,339	2,070E-8	відхилена
Крамера-фон Мізеса	0,622	2,306E-7	відхилена
Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)	0,169	1,894E-7	відхилена
Д'Агостіно Асиметрія	3,027	0,002	відхилена

<i>Д'Агостіно Ексцес</i>	-1,043	0,297	Не можна відхилити
<i>Д'Агостіно загальне</i>	10,252	0,006	відхилена
<i>Жарка-Бера</i>	10,792	0,005	відхилена

Таблиця 3.3

Аналіз даних (Вихід мучки, %)

<i>Розмір вибірки</i>	108		
<i>Середнє</i>	1,017	<i>Станд. відхилення</i>	0,395
<i>Медіана</i>	0,000		
<i>Асиметрія</i>	-0,087	<i>Асиметрія (Фішера)</i>	-0,088
<i>Ексцес</i>	1,789		
<i>Ексцес (-3)</i>	-1,211	<i>Ексцес (Фішера)</i>	-1,211

<i>Тест</i>	<i>Значення статистики</i>	<i>p-значення</i>	<i>H0 (5%)</i>
<i>Критерій Шапіро-Уїлка</i>	0,920	7,005E-6	відхилена
<i>Шапіро-Франція</i>	0,929	6,403E-5	відхилена
<i>Андерсона-Дарлінга</i>	2,473	2,727E-6	відхилена
<i>Крамера-фон Мізеса</i>	0,348	9,232E-5	відхилена
<i>Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)</i>	0,137	8,022E-5	відхилена
<i>Д'Агостіно Асиметрія</i>	0,391	0,696	Не можна відхилити
<i>Д'Агостіно Ексцес</i>	-6,304	2,903E-10	відхилена
<i>Д'Агостіно загальне</i>	39,892	2,176E-9	відхилена
<i>Жарка-Бера</i>	6,738	0,034	відхилена

Таблиця 3.4

Аналіз даних (Втрати, %)				
Розмір вибірки		108		
Середнє		0,495	Станд. відхилення	0,198
Медіана		0,000		
Асиметрія		0,050	Асиметрія (Фішера)	0,051
Ексцес		1,825		
Ексцес (-3)	-1,175	Ексцес (Фішера)		-1,174
Тест		Значення статистики		Н0 (5%)
Критерій Шапіро-Уїлка		0,921	7,622E-6	відхилена
Шапіро-Франція		0,930	6,947E-5	відхилена
Андерсона-Дарлінга		2,356	5,290E-6	відхилена
Крамера-фон Мізеса		0,315	2,157E-4	відхилена
Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)		0,139	5,867E-5	відхилена
Д'Агостіно Асиметрія		0,224	0,822	Не можна відхилити
Д'Агостіно Ексцес		-5,792	6,938E-9	відхилена
Д'Агостіно загальне		33,603	5,050E-8	відхилена
Жарка-Бера		6,261	0,044	відхилена

Таблиця 3.5

Аналіз даних (Температура, С)		
Розмір вибірки		108
Середнє		129,617
		Станд. відхилення
		21,719

Медіана	0,000		
Асиметрія	0,115	Асиметрія (Фішера)	0,116
Ексцес	1,785		
Ексцес (-3)	-1,215	Ексцес (Фішера)	-1,216

Тест	Значення статистики	p-значення	H0 (5%)
Критерій Шапіро-Уїлка	0,942	1,401E-4	відхилена
Шапіро-Франція	0,949	7,434E-4	відхилена
Андерсона-Дарлінга	1,921	6,248E-5	відхилена
Крамера-фон Мізеса	0,272	6,813E-4	відхилена
Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)	0,130	2,535E-4	відхилена
Д'Агостіно Асиметрія	0,514	0,607	Не можна відхилити
Д'Агостіно Ексцес	-6,364	1,969E-10	відхилена
Д'Агостіно загальне	40,762	1,408E-9	відхилена
Жарка-Бера	6,880	0,032	відхилена

Таблиця 3.6

Аналіз даних (Вологість, %)			
Розмір вибірки	108		
Середнє	13,197	Станд. відхилення	2,228
Медіана	0,000		
Асиметрія	-0,054	Асиметрія (Фішера)	-0,055
Ексцес	1,685		
Ексцес (-3)	-1,315	Ексцес (Фішера)	-1,320

<i>Тест</i>	<i>Значення статистики</i>	<i>p-значення</i>	<i>H0 (5%)</i>
<i>Критерій Шапіро-Уїлка</i>	0,936	5,961E-5	відхилена
<i>Шапіро-Франція</i>	0,943	3,389E-4	відхилена
<i>Андерсона-Дарлінга</i>	2,277	8,277E-6	відхилена
<i>Крамера-фон Мізеса</i>	0,326	1,619E-4	відхилена
<i>Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)</i>	0,140	4,694E-5	відхилена
<i>Д'Агостіно Асиметрія</i>	0,244	0,807	Не можна відхилити
<i>Д'Агостіно Ексцес</i>	-8,226	0,000	відхилена
<i>Д'Агостіно загальне</i>	67,729	0,000	відхилена
<i>Жарка-Бера</i>	7,832	0,020	відхилена

Таблиця 3.7

Аналіз даних (Зміна вологості, %)

<i>Розмір вибірки</i>	108		
<i>Середнє</i>	-1,803	<i>Станд. відхилення</i>	3,300
<i>Медіана</i>	0,000		
<i>Асиметрія</i>	-0,016	<i>Асиметрія (Фішера)</i>	-0,016
<i>Ексцес</i>	2,261		
<i>Ексцес (-3)</i>	-0,739	<i>Ексцес (Фішера)</i>	-0,717

<i>Тест</i>	<i>Значення статистики</i>	<i>p-значення</i>	<i>H0 (5%)</i>
<i>Критерій Шапіро-Уїлка</i>	0,981	0,129	Не можна відхилити

<i>Шаніро-Франція</i>	0,986	0,268	Не можна відхилити
<i>Андерсона-Дарлінга</i>	0,482	0,227	Не можна відхилити
<i>Крамера-фон Мізеса</i>	0,071	0,265	Не можна відхилити
<i>Критерій Колмогорова-Смирнова (Ліліфорса)</i>	0,074	0,153	Не можна відхилити
<i>Д'Агостіно Асиметрія</i>	0,071	0,943	Не можна відхилити
<i>Д'Агостіно Ексцес</i>	-2,203	0,028	відхилено
<i>Д'Агостіно загальне</i>	4,860	0,088	Не можна відхилити
<i>Жарка-Бера</i>	2,461	0,292	Не можна відхилити

За результатами проведеного первинного статистичного оброблення встановлено: отримані дані є адекватними, відновлювальними та достовірними, що гарантує їх ефективне застосування для створення прогнозів на основі статистичного оброблення; вибірки даних розподілені нерівномірно (неправильний тип розподілення), рекомендованими методами статистичного оброблення є непараметричні методи.

3.2. Вплив режимів водотеплового оброблення на вихід крупи

Використання водотеплового оброблення суттєво впливає на вихід крупи, що засвідчено результатами попередніх досліджень науковців, які вивчали вказане питання. Такі зміни пов'язані із процесами денатурації білків та в більшій мірі клейстеризації крохмалю. Саме завдяки клейстеризації крохмалю відбувається утворення структури пластівців. У випадку недостатньої клейстеризації крохмалю структура пластівця набуває ознак крихкості. Це негативне явище, оскільки

подальше фракціонування та транспортування супроводжуватимуться утворенням значної кількості відходів. В цілому недостатня клейстризація негативно впливає на вихід крупи плющеної. Головними чинниками, що впливають на процес клейстеризації є температура нагрівання продукту та тривалість дії високих температур на продукт. Тому є можливість припущення, що запропонована схема експерименту матиме достовірні зв'язки між параметрами оброблення сировини та показником виходу готової продукції.

Вихід крупи змінювався залежно від параметрів водотеплового оброблення (рис. 3.1-3.2).

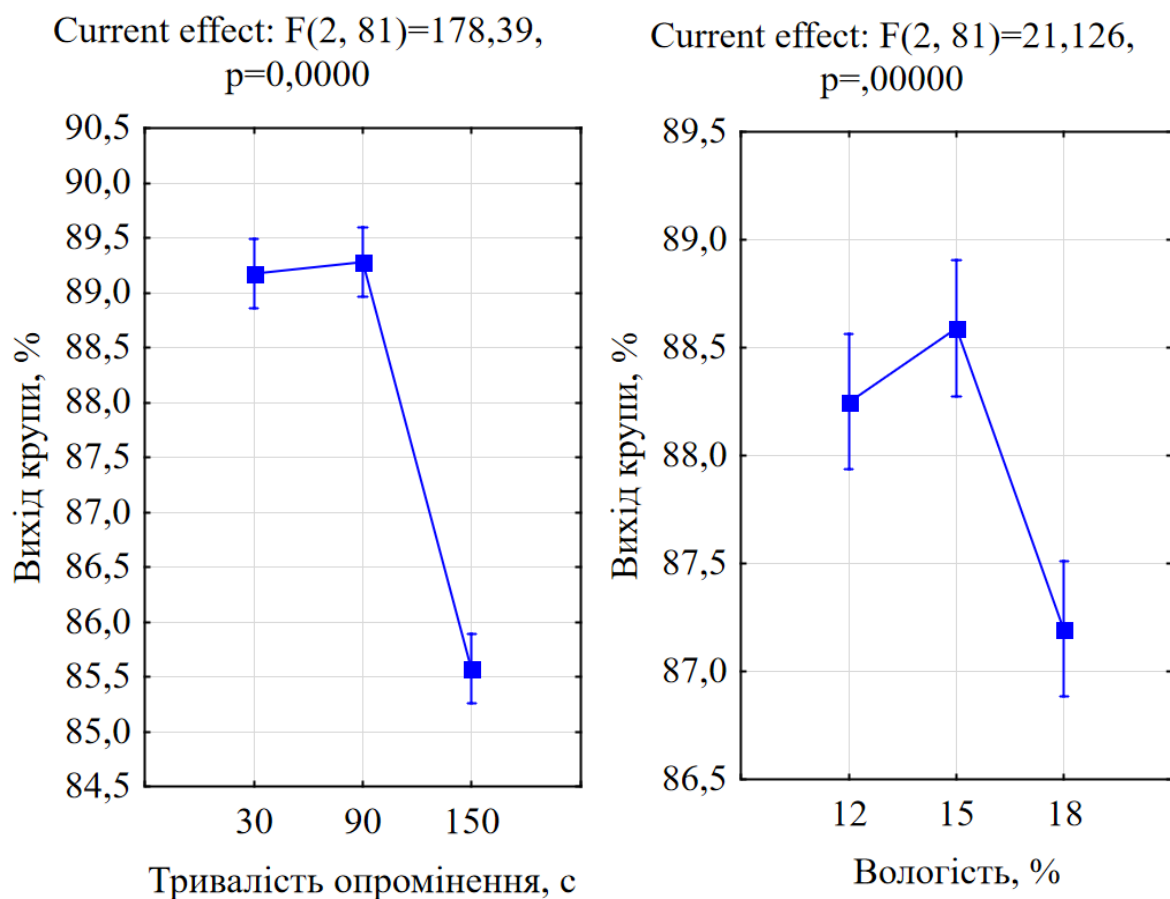


Рис. 3.1 Вихід крупи залежно від тривалості опромінення та початкової вологості сировини

Вихід крупи становив 89-89,5 % у зразках, які опромінювали від 30 до 90 с. Збільшення тривалості опромінення зумовлювало підвищення виходу крупи у середньому на 0,5 %. Подальше збільшення тривалості оброблення збіжжя негативно впливало на вихід крупи, що зменшувався на 4,5-5%. такі залежності

можна пояснити суттєвим збільшенням відходів виробництва: мучки, дрібки. Збільшення відходів відбувалось за рахунок суттєвого пересушення зразків. У такому стані крупа мала рихлу структуру та високу крихкість.

Найкращі результати виходу крупи плющеної були отримані у наслідок додаткового зволоження до 15 %. подальше зволоження мало в цілому негативний вплив на параметр виходу крупи.

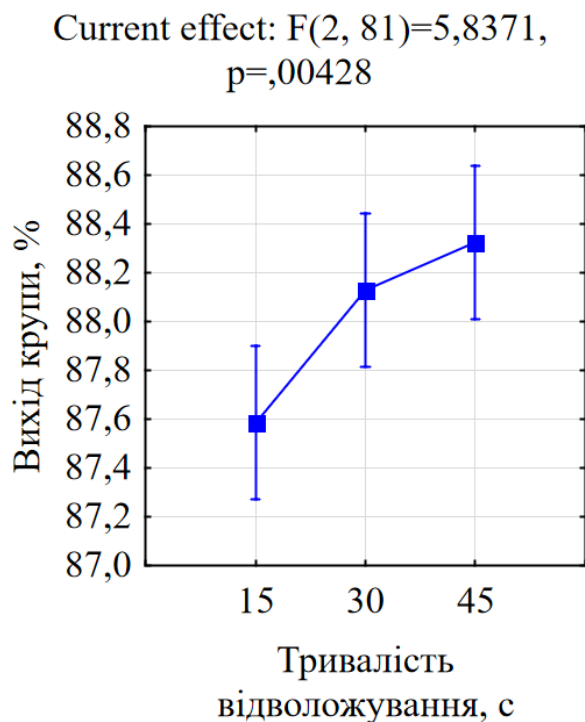


Рис. 3.2 Вплив тривалості відволоження на вихід крупи

Вихід крупи дотовірно підвищувався на 0,4-1,6 % у результаті збільшення тривалості відволоження зерна перед обробленням в електромагнітному полі струмів надвисокої частоти.

Такі результати свідчать про позитивний вплив на процес передачі теплової енергії води, яка у результаті відволоження проникла у центральні частини зернівки. Виявлені залежності свідчать про сильний та достовірний вплив параметрів ВТО на вихід крупи. Потребують додаткового вивчення механізми передачі теплової енергії у

складних речовинах.

3.3. Вплив режимів водотеплового оброблення на вихід мучки та дрібки

Супутні продукти перероблення зерна - цінні для кормового виробництва та можуть бути використані і в інших галузях господарства. Однак реалізація відходів виробництва проводиться за меншими цінами, а їх зберігання та відвантаження вимагає особливої логістики, що пов'язано із особливостями перебігу залишкових

біологічних процесів у них. Зазвичай на виробництвах намагаються скоротити час перебування відходів. Вихід мучки та дрібки суттєво не змінювався за різної тривалості опромінення та початкової вологості збіжжя перед опроміненням (рис. 3.3).

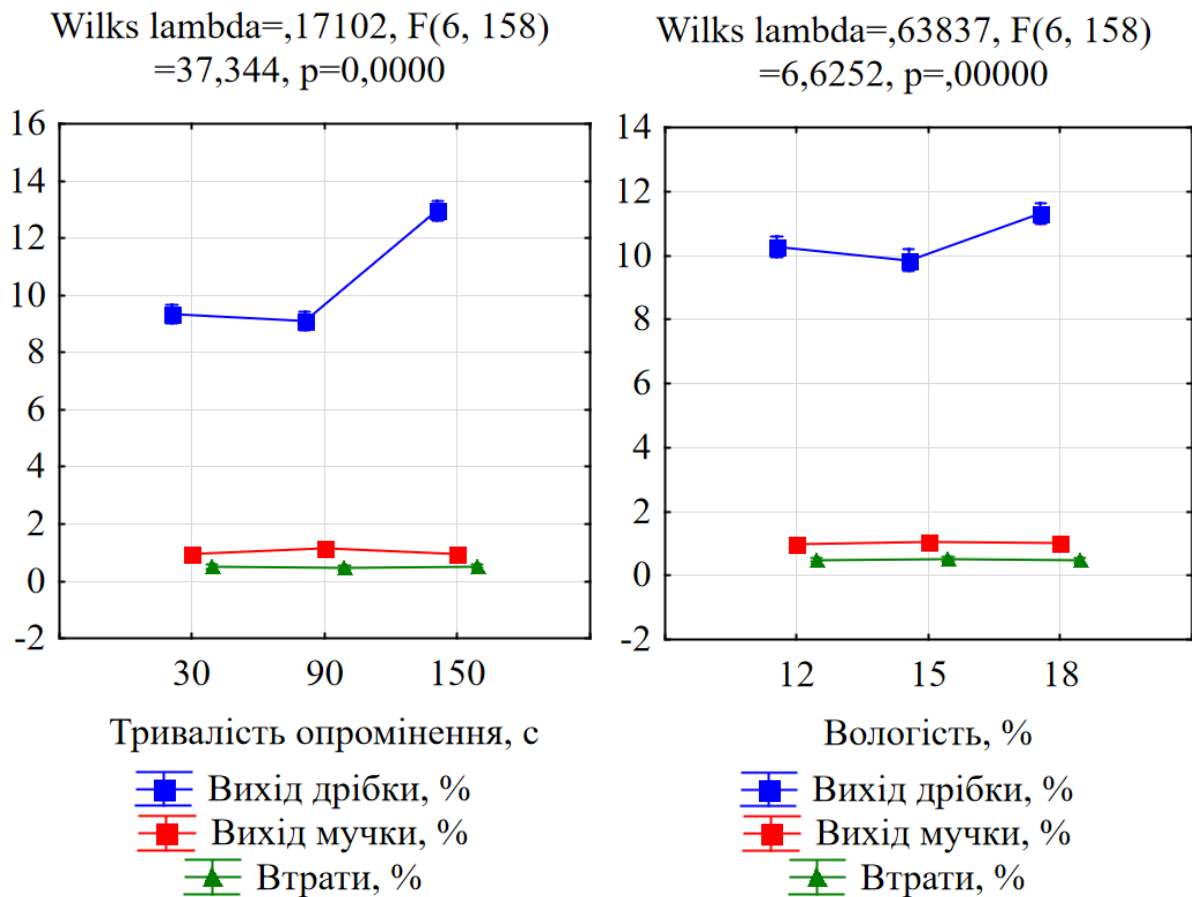


Рис. 3.3 Відходи виробництва залежно від тривалості опромінення та початкової вологості зерна

Суттєво впливало на вихід дрібки зміна вологості та тривалість опромінення зразків. Можна зробити висновки, що руйнування пластівців за рахунок збільшення їх крихкості у результаті довготривалого оброблення зумовлювало зміну нативного станку крохмальних зерен, у результаті чого процеси клейстеризації відбувались за нетиповими напрямками. У результаті помітним є утворення значної частки дрібки. Показники виходу крупи та виходу супутніх продуктів є оберненими.

Вплив тривалості відволожування був найменшим на показники виходу супутніх продуктів круп'яного виробництва (рис. 3.4). Збільшення тривалості

виходу крупи зумовлювало зменшення кількості дрібки та несуттєво впливало на вихід мучки. Механічні втрати не мало достовірних зв'язків із досліджуваними факторами та характеризувались випадковими значеннями, що зумовлено особливостями проведення експерименту.

Wilks lambda=,83874, F(6, 158)
=2,4203, p=,02890

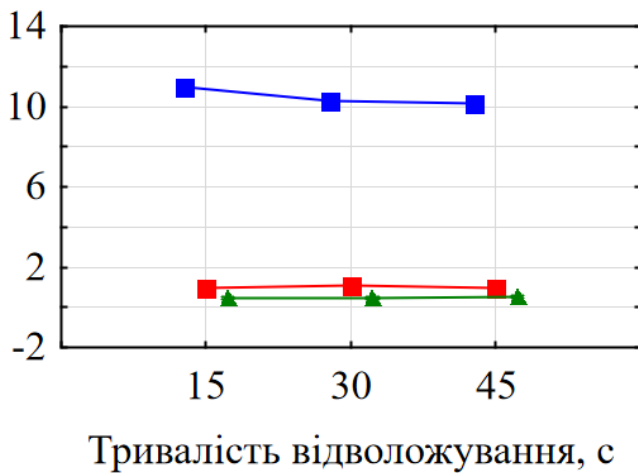


Рис. 3.4. Вихід відходів виробництва залежно від тривалості відволоження зерна перед опроміненням

- Вихід дрібки, %
- Вихід мучки, %
- ▲ Втрати, %

Отже, збільшення експозиції опромінення зерна зумовлювало збільшення крихкості продукту, що супроводжувалось приростом дрібки. Зменшення виходу крупи відбувалось за рахунок приросту дрібки, а тому є доцільність проведення додаткових досліджень відповідного продукту, що геометричними розмірами та формою є подібний до крупи манної з метою обґрунтування його подальшого використання.

3.4. Вплив режимів водотеплового оброблення на температуру продукту

Температура відіграє досить важливе значення для протікання важливих у круп'яному виробництві технологічних процесів. Завдяки нагріванню зерна відбуваються незворотні зміни структури білків та крохмалю, що дає можливість утворенню структури пластівця. Протікання модифікацій крохмалю та білків у поєднанні із збільшенням площі поверхні крупів за рахунок процесу плющення дозволяє суттєво зменшити тривалість приготування готового продукту, що особливо доцільно в сучасних умовах. Проведення високотемпературного оброблення позитивно впливає на збереженість крупів. Відомо, що зернова маса містить значну частку мікроорганізмів та шкідників хлібних запасів, личинки яких мають здатність зберігати життєдіяльність за традиційних режимів перероблення

на крупи лущені або подрібнені. Оброблення високими температурами дозволяє знищити значну частку мікроорганізмів.

Температура зерна прямо пропорційно збільшувалась за збільшення тривалості оброблення в електромагнітному поля СВЧ (рис. 3.5).

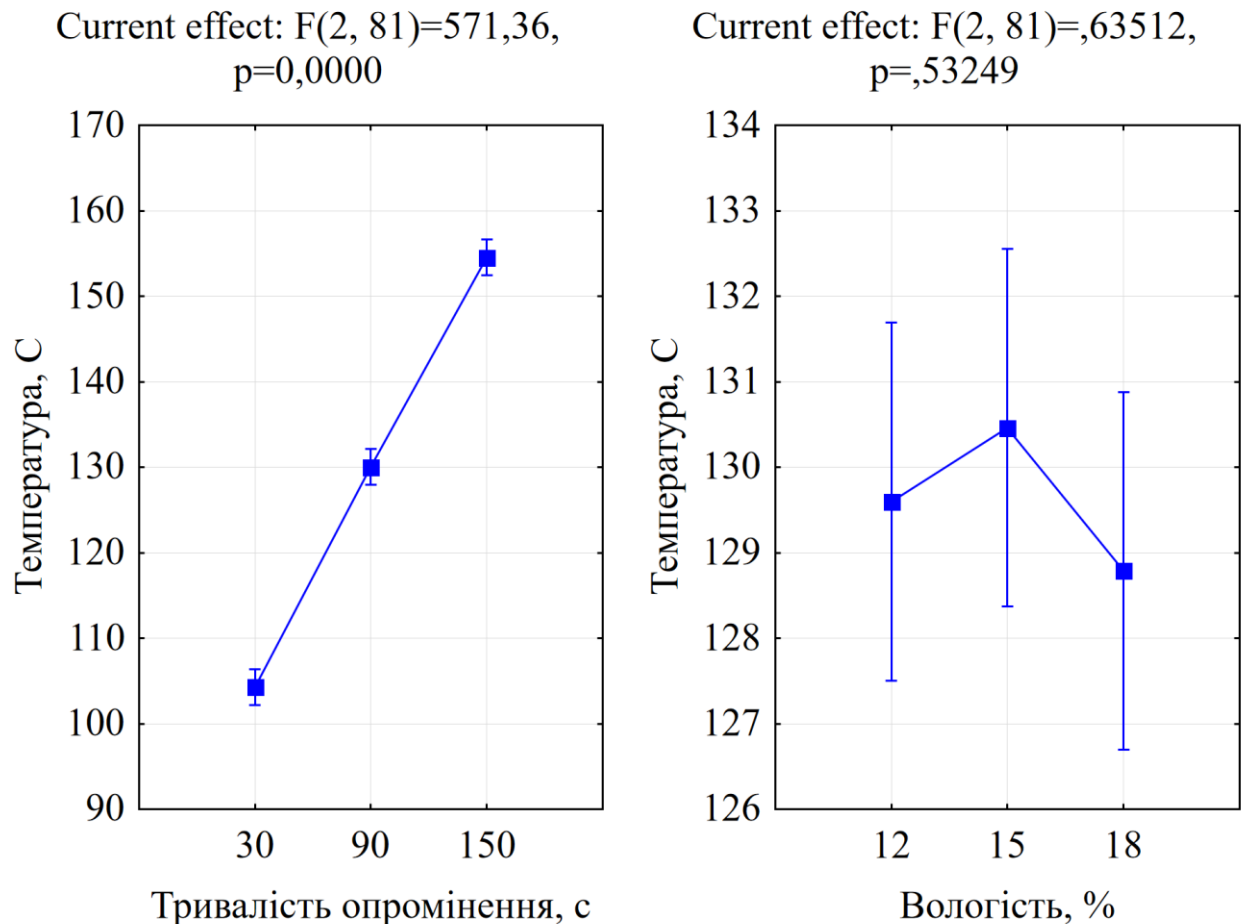


Рис. 3.5 Температура крупи залежно від вологості зерна перед опроміненням та тривалості оброблення

Максимальна температура була зафіксована у зразках, що опромінювали впродовж 150 с. Навіть за мінімальної тривалості опромінення (30 с) спостерігали підвищення температури більше 100 С, що гарантує знищення основної кількості мікроорганізмів. Ймовірність впливу вологості, що була додана до зерна перед опромінення була досить низькою.

Проте достовірним є залежність між тривалістю відволожування та температурою. Найбільші показники температури були отримані за мінімальної тривалості відволожування (15 хв). Збільшення тривалості відволожування

зумовлювало отримання зразків із температурою на 4-5 С меншою порівняно із зразками, що опромінювали впродовж 15 с (рис. 3.6).

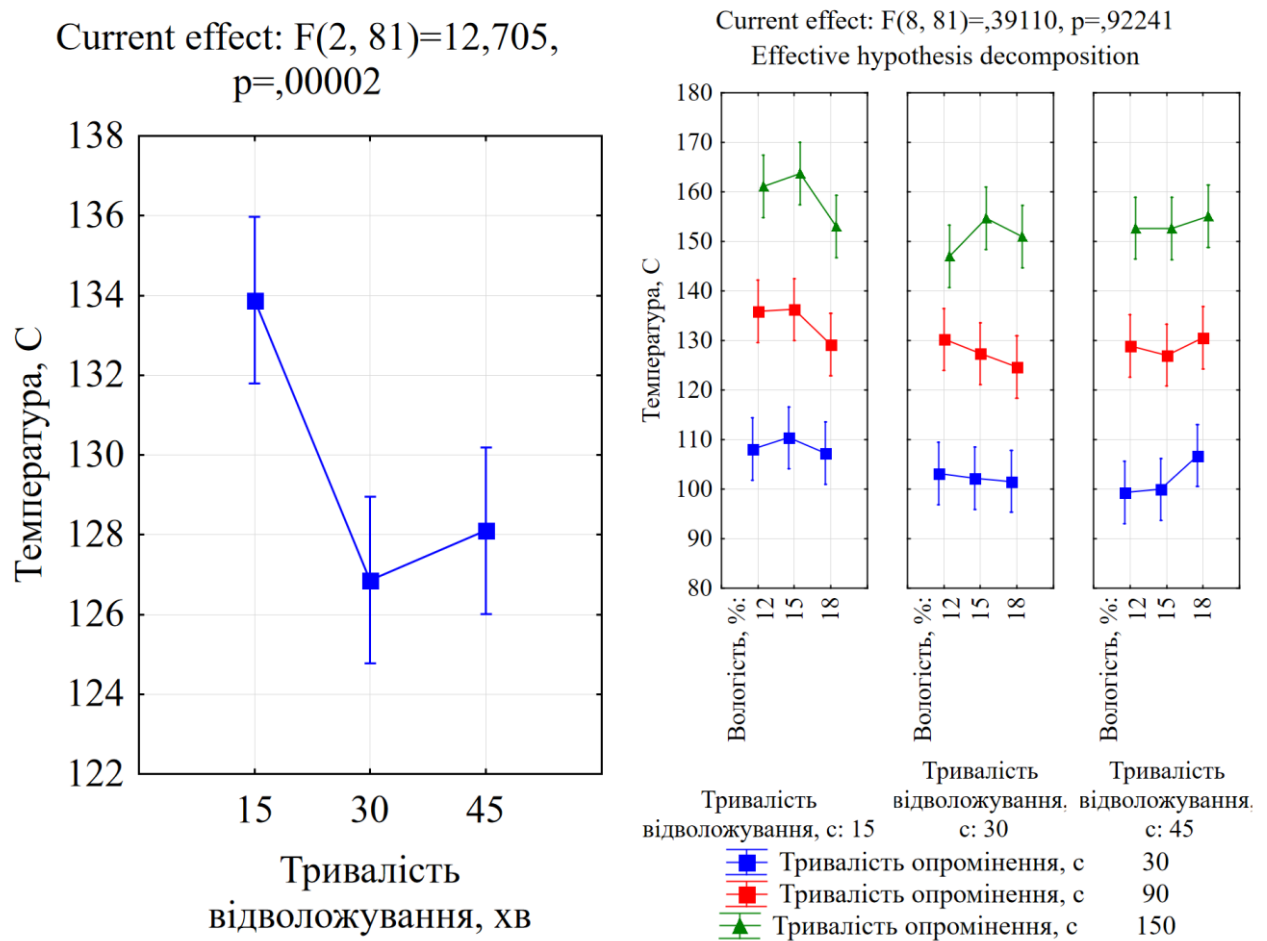


Рис. 3.6 Вплив параметрів ВТО на показники круп'яного виробництва

3.5. Вплив режимів водотеплового оброблення на вологість продукту

Вологість має важливе значення під час зберігання, оскільки наявність вільної вологи створює передумови до розвитку мікроорганізмів за сприятливих інших умов. Тому зберігання зазвичай проводять за вологості нижче рівноважної.

У випадках використання традиційних методів водотеплового оброблення виникає виробнича потреба проводити додаткове сушіння зерна після пропарювання, що супроводжується додатковими енерговтратами та має відклик на собівартості готового продукту. Тому запропоновані способи використання

інноваційних методів ВТО дозволяє уникнути процесу сушіння у випадку отримання продукту у із вологістю нижче рівноважної.

Після опромінювання можливо отримати продукт із вологістю менше 14 % за експозиції 90 с і більше, що не залежить від кількості доданої води перед опроміненням (рис. 3.7).

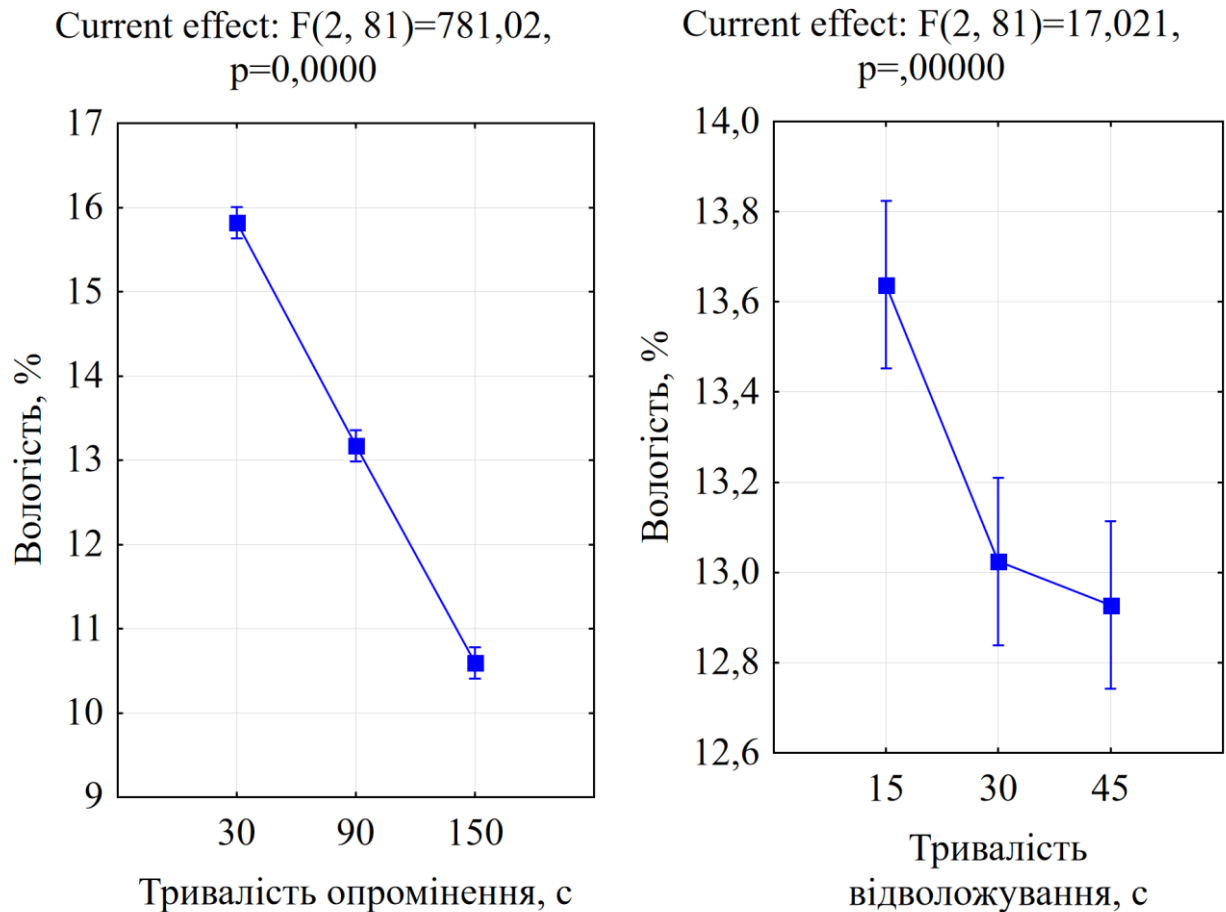


Рис. 3.7 Вологість крупи залежно від тривалості відволожування та опромінювання

Існує низька ймовірність залежності між збільшенням початкової вологості крупи та її кінцевою вологістю після опромінення. Відповідне явище потребує додаткового вивчення та пояснення. Проте встановлено зменшення кінцевої вологості у зразках, які обробляли після більш тривалого відволожування. Така особливість може бути пов'язана із частковим випаровуванням води під час відволожування зразків.

Таким чином за результатами експериментальних досліджень виявлені достовірні зв'язки між режимами зволодування відволожування та опромінення збіжжя перед плющенням. запропоновані оптимальні режими можуть бути рекомендовані до впровадження у виробництво, оскільки мають передумови до раціонального використання тесурсів за рахунок скорочення технологічного процесу та потенційного щменшення енергоспоживання.

Проведені дослідження виявили низку явищ, які на цей час не можуть бути пояснені, оскільки вимагають додаткового дослідження та є передумовою для провдовження роботи у данному напрямі.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

На основі проведеного оптимізаційного процесу були встановлені оптимальна режими виробництва крупи плющеної за використання опромінення в електромагнітному полі струмів надвисоких частоти. На основі зроблених висновків розроблено та обґрунтовано технологічну схему (рис. 4.1).

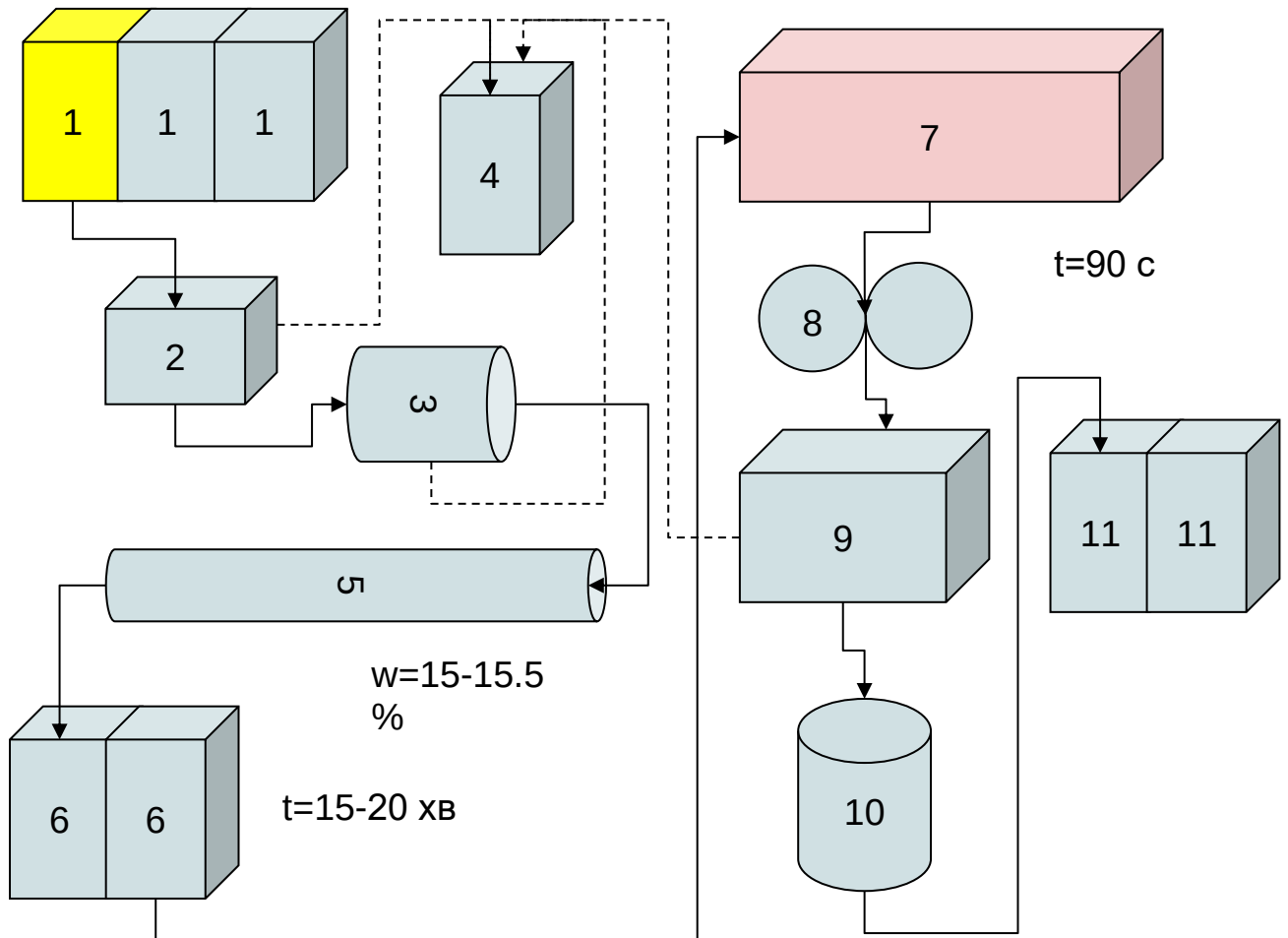


Рис. 4.1 Технологічна схема виробництва крупи із використання інноваційних методів волотеплового оброблення: 1 - бункери для зберігання збіжжя; 2 - ситоповітряний сепаратор; 3 - каменевідбірник; 4 - бункер для відходів; 5 - зволожувач безперервної дії; 6 - бункери для відволожування зерна; 7 - апарат для опромінення зерна електромагнітним полем струмів надвисокої частоти; 8 - плющильний верситат; 9 - ситоповітряний сепаратор; 10 - охолоджувальна колонка; 11 - бункери для зберігання готового продукту

Технологія рекомендована для підприємств низької продуктивності (до 5 т/добу). Технологічне устаткування - типове вітчизняного або закордонного

виробництва. Сировину розміщують у бункері 1 із розрахунку на 4-5 днів роботи заводу. Вимогою до сировини є необхідність попереднього дороблення на елеваторі а саме звільнення від поверхневих колоскових лусок та домішок, які відрізняються за довжиною. Очищення відбувається від домішок, що відрізняються за геометричними, аеродинамічними та фізичними показниками. Після проведення очищення, зерно піддають зволодуванню на апараті безперервної дії 5 та відволожують у бункерах 6. Місткість оперативних бункерів повинна забезпечувати безперервний технологічний процес та встановлюється відповідно до заданої продуктивності лінії.

Зволожене зерно обробляють в машині із генератором електромагнітного випромінювання струмів надвисокої частоти 7. Без проведення додаткового відволожування опромінення зерно плющать на вальцьовому верстаті 8 за встановлення диференціалу 1:1 із наступним сортуванням продуктів плющення на ситоповітряному сепараторі 9. Обов'язковим етапом є охолодження продуктів в колонці 10 до температури виробничого середовища. Готовий продукт розміщують в бункерах 11 та направляють на лінію фасування.

Для забезпечення функціонування підприємства передбачають розроблення системи аспірації.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Дотримання норм закону з охорони праці на креп'яному заводі є надзвичайно важливим і необхідним з численних причин. Відповідно до законодавства з охорони праці, його дотримання не тільки сприяє безпеці та здоров'ю працівників, але і впливає на успішність функціонування самого підприємства.

5.1 Організація умов охорони праці на робочому місці

Для дослідження обрано Навчально-виробничий відділ Уманського НУС на базі якого відбувалась практична підготовка. Дотримання правил з охорона праці здійснювали у відповідності до чинних нормативних актів, які регулюють відповідні питання:

- Закон України "Про охорону праці" - цей закон визначає загальні принципи та вимоги щодо забезпечення безпеки та здоров'я працівників, обов'язки роботодавців та працівників, а також встановлює відповідальність за порушення вимог охорони праці.
- Постанова Кабінету Міністрів України "Про схвалення Типового положення про службу з охорони праці" - цей акт регулює організацію служби з охорони праці на підприємствах та встановлює вимоги до її функцій та структури.
- Нормативні акти Міністерства соціальної політики України - ці акти включають в себе норми та вимоги щодо конкретних аспектів охорони праці, таких як організація робочого часу, захист від шкідливих факторів, професійні захворювання тощо.
- Спеціальні закони і нормативні акти для певних галузей господарства - деякі галузі, такі як гірництво, будівництво, хімічна промисловість тощо, можуть мати свої власні нормативи щодо охорони праці.

Згідно із аналізом виробничої лабораторії підприємства, були виявлені порушення чинних норм, що є не суттєвими, проте їх усунення дозволить суттєво покращити умови праці на підприємстві. Такими порушеннями є: відхилення від допустимих меж параметрів температури в холодний період року та недостатнє

освітлення робочих місць. Такі порушення можуть бути усунені за короткий проміжок часу.

5.2 Розроблення заходів з охорони праці

Для усунення виявлених порушень вимог чинних нормативних актів із охорони праці, приведення у відповідність вимогам умов виробничого середовища та покращення роботоздатності працівників, були розроблені заходи із охорони праці.

У холодний період року в приміщення лабораторії не достатньо обігрівальних приладів. Це може бути передумовою використання додаткових несертифікованих обігрівачів і підвищення ризику виробничого травматизму. Для усунення вказаного недоліку рекомендовано додаткове встановлення трьох електричних масляних обігрівачів із розрахунку на дифіцит потужності діючих обігрівальних приладів. Додатковими витратами під час встановлення обігрівачів можна вважати проведення додаткового електричного каналу до місця розміщення таких нагрівальних приладів.

Вирішення проблеми недостатнього освітлення можливе у короткостроковій перспективі. Для цього рекомендовано переглянути систему штучного освітлення та модернізувати її.

Виконання запропонованих заходів дозволить у короткий строк виправити виявлені недоліки.

5.3 Моделювання небезпечних ситуацій

Наявність навіть незначних порушень чинних вимог охорони праці - негативна практика на сучасних підприємствах, оскільки може суттєво підвищити ризик виробничого травматизму. На сьогодні кадри є головною рушійною силою підприємств харчової промисловості. Підготовка кваліфікованих фахівців є довготривалим процесом. Тому мінімізацій виробничого травматизму дозволить суттєво знизити ризик втрати працездатності працівників та виникнення нештатних

виробничих ситуацій. Проаналізувавши виявлені недоліки на підприємстві була спрогнозована модель небезпечної ситуації (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Моделювання небезпечної ситуації

Висновки

Робота на креп'яному заводі включає в себе важку фізичну працю та взаємодію з потенційно небезпечними об'єктами та обладнанням. Дотримання норм охорони праці допомагає зменшити ризики травм та професійних захворювань серед працівників. Законодавство щодо охорони праці встановлює обов'язки для роботодавців щодо забезпечення безпечних та здорових умов праці. Недотримання цих вимог може призвести до правової відповідальності та санкцій. Забезпечення безпеки та здоров'я працівників допомагає уникнути нещасних випадків на робочому місці та подолати витрати на лікування, компенсації та інші види втрат. Здорові та задоволені працівники більше схильні до виконання своїх обов'язків, а також мають меншу вірогідність втрати робочого часу через травми та захворювання.

Впровадження запропонованих заходів що до усунення виявлених недоліків дозволить суттєво стабілізувати роботу підприємства за рахунок усунення потенційних ризиків.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічну ефективність розраховували на прикладі проекту заводу згідно із рекомендаціями, наведеними у роботі продуктивністю 5 т/добу. Калькуляція витрат на основні та допоміжні витрати а також проміжні розрахунки наведено у додатку Д.

За результатами розрахунків доведена доцільність будівництва крп'яного заводу (табл 6.1).

Таблиця 6.1

Основні показники виробництва

Показник	Розмірна одиниця	Значення
Прибуток від реалізації сировини	тис. грн/рік	5169,57
Рівень рентабельності продукції	%	26,54
Витрати на 1 грн товарної продукції	-	0,79
Рівень продуктивності праці	т/чол	55,59
Показник фондівдачі	-	2,94
Чистий прибуток	тис. грн/рік	4135,656
Термін окупності	днів	694
Термін окупності	рік; місяць	1 р. -11 міс.

Рентабельність виробництва більша на 6-8 % порівняно із типовими виробництвами галузі, що зумовлено можливістю встановлювати ціну на готовий продукт більше ранковою за рахунок унікальності запропонованої пропозиції.

Термін окупності основних фондів становить до 2 років, що є прийнятним для інвесторів в умовах сьогодення.

ВИСНОВКИ

Під час виконання роботи досліджено сутність процесів водотеплового оброблення зерна за використання інноваційних методів адресного доставлення теплової енергії. Найбільший вплив на якісні показники круп'яного виробництва зумовлює тривалість опромінення в електромагнітному полі струмів надвисокої частоти. Високі показники виходу досягають за тривалості експозиції опромінення 90 с. Подальше збільшення тривалості опромінення негативно впливає на вихід крупів. Оброблення в електромагнітному полі струмів НВЧ суттєво підвищує температуру продукту (до 105–150 С) та сприяє зменшенню вологості до 10,5 % незалежно від початкової вологості зерна перед обробленням.

У результаті проведення математичного моделювання встановлені оптимальні параметри круп'яного виробництва, що полягають у зволоженні зразків до 15-15,5 % із подальшим відволожуванням впродовж 15 хв та тривалості експозицій опромінення не більше 90 с. За використання запропонованих режимів можливо отримати найбільший вихід крупи (до 89 %), температура зразків прогнозовано становитиме не менше 120 С, а вологість кінцевого продукту не перевищуватиме 13,0 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підприємств круп'яної промисловості рекомендовано використовувати для перероблення зерно пшениці спельти. Доцільно переробляти пшеницю спельту на крупу плющену за технологією, наведеною у розділі 4. Під час перероблення слід застосовувати такі режими: зволоження зразків до 15-15,5 % із подальшим відволожуванням впродовж 15 хв та тривалості експозицій опромінення не більше 90 с. За використання запропонованих режимів можливо отримати найбільший вихід крупи (до 89 %), температура зразків прогнозовано становитиме не менше 120 С, а вологість кінцевого продукту не перевищуватиме 13,0 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ahmad, G. M., Abu Serie, M. M., Abdel-Latif, M. S., Ghoneem, T., Ghareeb, D. A., & Yacout, G. A. (2023a). Author Correction: Potential anti-proliferative activity of *Salix mucronata* and *Triticum spelta* plant extracts on liver and colorectal cancer cell lines. *Sci Rep*, 13(1), 14562. doi:10.1038/s41598-023-41534-2
2. Ahmad, G. M., Abu Serie, M. M., Abdel-Latif, M. S., Ghoneem, T., Ghareeb, D. A., & Yacout, G. A. (2023b). Potential anti-proliferative activity of *Salix mucronata* and *Triticum spelta* plant extracts on liver and colorectal cancer cell lines. *Sci Rep*, 13(1), 3815. doi:10.1038/s41598-023-30845-z
3. Anwar, H., Khan, S. U., Ghaffar, M. M., Fayyaz, M., Khan, M. J., Weis, C., . . . Shafait, F. (2023). The NWRD Dataset: An Open-Source Annotated Segmentation Dataset of Diseased Wheat Crop. *Sensors (Basel)*, 23(15). doi:10.3390/s23156942
4. Bohacz, J., Kornilowicz-Kowalska, T., Rybczynska-Tkaczyk, K., & Andruszczak, S. (2022). Impact of the Cultivation System and Plant Cultivar on Arbuscular Mycorrhizal Fungi of Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *Spelta* L.) in a Short-Term Monoculture. *Pathogens*, 11(8). doi:10.3390/pathogens11080844
5. Cao, Y., Zhang, J., Wang, R., Sun, H., & Yan, Y. (2022). Molecular Characterization and SNP-Based Molecular Marker Development of Two Novel High Molecular Weight Glutenin Genes from *Triticum spelta* L. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19). doi:10.3390/ijms231911104
6. Chai, Y., Pardey, P. G., & Silverstein, K. A. T. (2022). Scientific selection: A century of increasing crop varietal diversity in US wheat. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 119(51), e2210773119. doi:10.1073/pnas.2210773119
7. Chandel, N. S., Rajwade, Y. A., Dubey, K., Chandel, A. K., Subeesh, A., & Tiwari, M. K. (2022). Water Stress Identification of Winter Wheat Crop with State-of-the-Art AI Techniques and High-Resolution Thermal-RGB Imagery. *Plants (Basel)*, 11(23). doi:10.3390/plants11233344
8. Chen, Y., Guo, Y., Guan, P., Wang, Y., Wang, X., Wang, Z., . . . Peng, H. (2023). A wheat integrative regulatory network from large-scale complementary functional

- datasets enables trait-associated gene discovery for crop improvement. *Molecular Plant*, 16(2), 393-414. doi:10.1016/j.molp.2022.12.019
9. Crook, S., & Willetts, C. (2023). Comments on Regulation of paraquat for wheat crop contamination by Gupta, S. et al., DOI <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20816-8>. *Environ Sci Pollut Res Int*, 30(18), 54242-54243. doi:10.1007/s11356-023-25823-x
 10. Emebiri, L., & Hildebrand, S. (2023). Natural variation and genetic loci underlying resistance to grain shattering in standing crop of modern wheat. *Mol Genet Genomics*, 298(5), 1211-1224. doi:10.1007/s00438-023-02051-z
 11. Fuzy, A., Paradi, I., Kelemen, B., Kovacs, R., Cseresnyes, I., Szili-Kovacs, T., . . . Takacs, T. (2023). Soil biological activity after a sixty-year fertilization practice in a wheat-maize crop rotation. *Plos One*, 18(9), e0292125. doi:10.1371/journal.pone.0292125
 12. Gahagan, A. C., Shi, Y., Radford, D., Morrison, M. J., Gregorich, E., Aris-Brosou, S., & Chen, W. (2023). Long-Term Tillage and Crop Rotation Regimes Reshape Soil-Borne Oomycete Communities in Soybean, Corn, and Wheat Production Systems. *Plants (Basel)*, 12(12). doi:10.3390/plants12122338
 13. Gao, H., Xi, Y., Wu, X., Pei, X., Liang, G., Bai, J., . . . Li, S. (2023). Partial substitution of manure reduces nitrous oxide emission with maintained yield in a winter wheat crop. *Journal of Environmental Management*, 326(Pt B), 116794. doi:10.1016/j.jenvman.2022.116794
 14. Guidoboni, M. V., Duparque, A., Boissy, J., Mouny, J. C., Auburger, J., & van der Werf, H. M. (2023). Conservation agriculture reduces climate change impact of a popcorn and wheat crop rotation. *Plos One*, 18(5), e0285586. doi:10.1371/journal.pone.0285586
 15. Gupta, A., Kaur, L., & Kaur, G. (2023). Drought stress detection technique for wheat crop using machine learning. *PeerJ Comput Sci*, 9, e1268. doi:10.7717/peerj-cs.1268
 16. Gupta, S., Garg, N. K., & Shekhawat, K. (2023). Answer to "Comments on "Regulation of Paraquat for wheat crop contamination" by Garg, Gupta, S. et al., <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20816-8>". *Environ Sci Pollut Res Int*, 30(18), 54244-54247. doi:10.1007/s11356-023-25775-2

17. Iqbal, A., Bocian, J., Hameed, A., Orczyk, W., & Nadolska-Orczyk, A. (2022). Cis-Regulation by NACs: A Promising Frontier in Wheat Crop Improvement. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23). doi:10.3390/ijms232315431
18. Jha, S. K., Mishra, V. K., Damodaran, T., Singh, A. K., Sharma, P. C., Sharma, D. K., . . . Singh, Y. P. (2023). Conservation Tillage and Waste Crop Residue Based Zinc Fortification in Rice and Wheat under Reclaimed Sodic Soils: Progress toward Nutrient Circularity and Sustainability. *J Agric Food Chem*, 71(6), 2853-2863. doi:10.1021/acs.jafc.2c07940
19. Jia, K., Zhang, W., Xie, B., Xue, X., Zhang, F., & Han, D. (2022). Does Climate Change Increase Crop Water Requirements of Winter Wheat and Summer Maize in the Lower Reaches of the Yellow River Basin? *Int J Environ Res Public Health*, 19(24). doi:10.3390/ijerph192416640
20. Jighly, A., Weeks, A., Christy, B., O'Leary, G. J., Kant, S., Aggarwal, R., . . . Daetwyler, H. D. (2023). Integrating biophysical crop growth models and whole genome prediction for their mutual benefit: a case study in wheat phenology. *Journal of Experimental Botany*, 74(15), 4415-4426. doi:10.1093/jxb/erad162
21. Jin, H. Y., Yan, Y. Q., Zhang, D. Q., Yang, C., Yue, J. Q., Li, X. D., . . . Qin, F. (2023). [Effects of Different Topdressing Nitrogen Rates on Soil Fungal Community Structure and Ecological Network in Wheat Field Under Crop Residue Retention]. *Huan Jing Ke Xue*, 44(2), 1085-1094. doi:10.13227/j.hjks.202204206
22. Jin, H. Y., Yue, J. Q., Yan, Y. Q., Zhang, D. Q., Yang, C., Li, X. D., . . . Fang, B. T. (2022). [Soil bacterial communities of different crop rotations and yield of succeeding wheat.]. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 33(11), 2954-2962. doi:10.13287/j.1001-9332.202211.013
23. Jitendra, & Pant, T. (2023). Estimation of Wheat Crop Production using Multispectral Information Fusion. *J Sci Food Agric*. doi:10.1002/jsfa.13030
24. Lago-Oliveira, S., Rebolledo-Leiva, R., Garofalo, P., Moreira, M. T., & Gonzalez-Garcia, S. (2023). Environmental and economic benefits of wheat and chickpea crop rotation in the Mediterranean region of Apulia (Italy). *Science of the Total Environment*, 896, 165124. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.165124

25. Levionnois, S., Pradal, C., Fournier, C., Sanner, J., & Robert, C. (2023). Modelling the impact of proportion, sowing date, and architectural traits of a companion crop on foliar fungal pathogens of wheat in crop mixtures. *Phytopathology*. doi:10.1094/PHYTO-06-22-0197-R
26. Li, R., Tu, C., Li, L., Wang, X., Yang, J., Feng, Y., . . . Luo, Y. (2023). Visual tracking of label-free microplastics in wheat seedlings and their effects on crop growth and physiology. *Journal of Hazardous Materials*, 456, 131675. doi:10.1016/j.jhazmat.2023.131675
27. Mencin, M., Jamnik, P., Mikulic Petkovsek, M., Veberic, R., & Terpinc, P. (2022). Improving accessibility and bioactivity of raw, germinated and enzymatic-treated spelt (*Triticum spelta* L.) seed antioxidants by fermentation. *Food Chemistry*, 394, 133483. doi:10.1016/j.foodchem.2022.133483
28. Mesfin, S., Gebresamuel, G., Haile, M., & Zenebe, A. (2023). Potentials of legumes rotation on yield and nitrogen uptake of subsequent wheat crop in northern Ethiopia. *Heliyon*, 9(6), e16126. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e16126
29. Minhas, W. A., Mehboob, N., Yahya, M., Rehman, H. U., Farooq, S., & Hussain, M. (2022). The Influence of Different Crop Mulches on Weed Infestation, Soil Properties and Productivity of Wheat under Conventional and Conservation Production Systems. *Plants (Basel)*, 12(1). doi:10.3390/plants12010009
30. Minhas, W. A., Mumtaz, N., Ur-Rehman, H., Farooq, S., Farooq, M., Ali, H. M., & Hussain, M. (2023). Weed infestation and productivity of wheat crop sown in various cropping systems under conventional and conservation tillage. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1176738. doi:10.3389/fpls.2023.1176738
31. Navathe, S., Pandey, A. K., Sharma, S., Chand, R., Mishra, V. K., Kumar, D., . . . Singh, P. K. (2022). New Genomic Regions Identified for Resistance to Spot Blotch and Terminal Heat Stress in an Interspecific Population of *Triticum aestivum* and *T. spelta*. *Plants (Basel)*, 11(21). doi:10.3390/plants11212987
32. Niu, R., Zhu, C., Jiang, G., Yang, J., Zhu, X., Li, L., . . . Liu, S. (2023). Variations in Soil Nitrogen Availability and Crop Yields under a Three-Year Annual Wheat and

- Maize Rotation in a Fluvo-Aquic Soil. *Plants* (Basel), 12(4). doi:10.3390/plants12040808
- 33.Oddy, J., Addy, J., Mead, A., Hall, C., Mackay, C., Ashfield, T., . . . Halford, N. G. (2023). Reducing Dietary Acrylamide Exposure from Wheat Products through Crop Management and Imaging. *J Agric Food Chem*, 71(7), 3403-3413. doi:10.1021/acs.jafc.2c07208
 - 34.Pais, I. P., Moreira, R., Semedo, J. N., Ramalho, J. C., Lidon, F. C., Coutinho, J., . . . Scotti-Campos, P. (2022). Wheat Crop under Waterlogging: Potential Soil and Plant Effects. *Plants* (Basel), 12(1). doi:10.3390/plants12010149
 - 35.Powell, A. J., Kim, S. H., Cordero, J., & Vujanovic, V. (2023). Protocooperative Effect of *Sphaerodes mycoparasitica* Biocontrol and Crop Genotypes on FHB Mycotoxin Reduction in Bread and Durum Wheat Grains Intended for Human and Animal Consumption. *Microorganisms*, 11(1). doi:10.3390/microorganisms11010159
 - 36.Qader, S. H., Utazi, C. E., Priyatikanto, R., Najmaddin, P., Hama-Ali, E. O., Khwarahm, N. R., . . . Dash, J. (2023). Exploring the use of Sentinel-2 datasets and environmental variables to model wheat crop yield in smallholder arid and semi-arid farming systems. *Science of the Total Environment*, 869, 161716. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.161716
 - 37.Qin, M., Zheng, E., Hou, D., Meng, X., Meng, F., Gao, Y., . . . Xu, T. (2023). Response of Wheat, Maize, and Rice to Changes in Temperature, Precipitation, CO₂ Concentration, and Uncertainty Based on Crop Simulation Approaches. *Plants* (Basel), 12(14). doi:10.3390/plants12142709
 - 38.Robles-Zazueta, C. A., Crespo-Herrera, L. A., Pinera-Chavez, F. J., Rivera-Amado, C., & Aradottir, G. I. (2023). Climate change impacts on crop breeding: Targeting interacting biotic and abiotic stresses for wheat improvement. *Plant Genome*, e20365. doi:10.1002/tpg2.20365
 - 39.Saleh, A. M., Abu El-Soud, W. M., Alotaibi, M. O., Beemster, G. T. S., Mohammed, A. E., & AbdElgawad, H. (2023). Chitosan nanoparticles support the impact of arbuscular mycorrhizae fungi on growth and sugar metabolism of wheat crop.

International Journal of Biological Macromolecules, 235, 123806.
doi:10.1016/j.ijbiomac.2023.123806

40. Sharma, K., Sharma, R., Kumari, S., & Kumari, A. (2023). Enhancing wheat crop production with eco-friendly chitosan encapsulated nickel oxide nanocomposites: A safe and sustainable solution for higher yield. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127413. doi:10.1016/j.ijbiomac.2023.127413
41. Sharma, S., Singh, P., Ali, H. M., Hussain Siddiqui, M., & Iqbal, J. (2023). Tillage, green manuring and crop residue management impacts on crop productivity, potassium use efficiency and potassium fractions under rice-wheat system. *Heliyon*, 9(7), e17828. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e17828
42. Singh, V., Gupta, R. K., Kalia, A., Al-Ansari, N., Alataway, A., Dewidar, A. Z., & Mattar, M. A. (2023). Soil type and integrated nitrogen nutrient-rice straw residue management techniques affect soil microbes, enzyme activities and yield of wheat crop. *Heliyon*, 9(6), e16645. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e16645
43. Wang, T. C., Casadebaig, P., & Chen, T. W. (2023). More than 1000 genotypes are required to derive robust relationships between yield, yield stability and physiological parameters: a computational study on wheat crop. *Theoretical and Applied Genetics*, 136(3), 34. doi:10.1007/s00122-023-04264-7
44. Wang, Z., Tan, Z., Wu, G., Wang, L., Qin, G., Wang, Y., & Pang, H. (2022). Microbial community and fermentation characteristic of whole-crop wheat silage treated by lactic acid bacteria and *Artemisia argyi* during ensiling and aerobic exposure. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1004495. doi:10.3389/fmicb.2022.1004495
45. Warechowska, M., Anders, A., Warechowski, J., Bramowicz, M., Markowska-Mendik, A., Rejmer, W., . . . Kulesza, S. (2023). The endosperm microstructure, physical, thermal properties and specific milling energy of spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) grain and flour. *Sci Rep*, 13(1), 3629. doi:10.1038/s41598-023-30285-9
46. Wu, J., Gu, Y., Sun, K., Xing, X., & Ma, X. (2023). Impacts of Climate Change on Winter Wheat Net Primary Production: The Regulatory Role of Crop Management. *J Sci Food Agric*. doi:10.1002/jsfa.13024

47. Yadav, R. C., Sharma, S. K., Varma, A., Singh, U. B., Kumar, A., Bhupenchandra, I., . . . Singh, H. V. (2023). Zinc-solubilizing *Bacillus* spp. in conjunction with chemical fertilizers enhance growth, yield, nutrient content, and zinc biofortification in wheat crop. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1210938. doi:10.3389/fmicb.2023.1210938
48. Youseif, S. H., El-Megeed, F. H. A., Salous, M. S., & Mohamed, A. H. (2023). *Streptomyces* biostimulants: an effective sustainable approach to reduce inorganic N input and maintain high yield of wheat crop in different soil types. *J Appl Microbiol*, 134(8). doi:10.1093/jambio/lxad156
49. Zhang, X., Wan, X., & Liu, P. (2023). The impact of participation in agricultural industry organizational models on crop yields: evidence from Chinese wheat growers. *Sci Rep*, 13(1), 17779. doi:10.1038/s41598-023-43879-0
50. Zhou, L. Y., Zhu, Y. H., Kan, Z. R., Li, F. M., & Zhang, F. (2023). The impact of crop residue return on the food-carbon-water-energy nexus in a rice-wheat rotation system under climate warming. *Science of the Total Environment*, 894, 164675. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.164675
51. Zivkovic, A., Godevac, D., Cigic, B., Polak, T., & Pozrl, T. (2023). Identification and Quantification of Selected Benzoxazinoids and Phenolics in Germinated Spelt (*Triticum spelta*). *Foods*, 12(9). doi:10.3390/foods12091769