

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

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА КРУПИ
ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ

Виконав – студент (ка) II курсу, групи 21 м-тз
освітньої програми Технології зерна та
зернопродуктів
спеціальності 181 «Харчові технології»
Чістов Віталій Вікторович

Науковий керівник – к.т.н., доцент
Новіков Володимир Вікторович

УМАНЬ – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра харчових технологій
Освітня програма Технології зерна та зернопродуктів
Спеціальність 181 Харчові технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Андрій ЧЕРНЕГА

« ____ » _____ 20 ____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студенту Чістову Віталію Вікторовичу

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва крупи підвищеної харчової цінності швидкого приготування

керівник роботи Новіков Володимир Вікторович

затверджено наказом по університету від « ____ » _____ 20 ____ р. № _____

2. Строк подання студентом роботи – _____ р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження – технологія виробництва круп'яних продуктів. Предмет дослідження – режими водотеплового оброблення зерна пшениці у технологіях виробництва крупів плющених. Методи дослідження – емпіричні.

4. Перелік питань, які потрібно розробити (завдання роботи). Вступ; 1. Огляд джерел літератури; 2. Умови, схема та методика проведення дослідження; 3. результати дослідження; 4. Технологічна частина; 5. Охорона праці, 6. Економічна ефективність, Висновки, Рекомендації виробництву, Список використаних джер.

5. Перелік графічного матеріалу технологічна схема удосконаленої технології

6. Перелік матеріалів для презентації 1. титульний аркуш із зазначенням теми роботи, відомостей про автора та керівника; 2. анотація роботи (викладають та подають іноземною мовою); 3. методика дослідження; 4. результати дослідження (слід подавати у вигляді узагальнюючих таблиць або рисунків); 5. технологічна (приципова) схема удосконаленої технології та/або технологічного процесу; 6. техніко-економічні показники запропонованих технологічних рішень; 7. висновки роботи; 8. рекомендації виробництву.

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			

6. Дата видачі завдання – _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Кінцевий термін виконання етапів	Примітка	
			студент	керівник
1	Вибір теми кваліфікаційної роботи	10.10.2023	виконано	
2	Одержання індивідуального завдання	15.10.2023	виконано	
3	Уточнення теми кваліфікаційної роботи	До початку II семестру	виконано	
4.1	Підготовка першого розділу	До 01.11.2023	на перев.	прийн.
4.2	Підготовка другого розділу	До 01.12.2023	на перев.	прийн.
4.3	Підготовка третього розділу	До 01.06.2024	на перев.	прийн.
4.4	Підготовка четвертого розділу	До 01.07.2024	на перев.	прийн.
4.5	Підготовка п'ятого розділу	До 01.09.2024	на перев.	прийн.
4.6	Підготовка шостого розділу	До 01.10.2024	на перев.	прийн.
5	Формування і оформлення списку використаних джерел літератури; рекомендацій виробництву; висновків	До 01.11.2024	на перев.	прийн.
6	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахування зауважень наукового керівника	За 2-3 тижні до захисту	на перев.	прийн.
7	Написання та оформлення роботи в остаточному варіанті	Не менш, ніж за 10 днів до попер захисту	виконано	
8	Перевірка роботи на академічний плагіат	Не менш, ніж за 3-4 дні до відгуку	виконано	
9	Одержання відгуку наукового керівника	За 1-2 дні до попереднього захисту	виконано	
10	Попередній захист роботи на кафедрі	1-2 дні перед затвердженням	виконано	
11	Затвердження роботи завідувачем кафедри	Не менше, ніж за 4 робочих дні до захисту	виконано	
12	Одержання рецензії	Не менше, ніж за 3 робочих дні до захисту	виконано	
13	Захист кваліфікаційної роботи		виконано	

Студент _____

Керівник роботи _____

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	3
АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	11
1.1. Відомості про пшеницю полби. Походження та історія використання.....	11
1.2. Технологічна оцінка зерна пшениці полби.....	14
1.3. Сучасні технології перероблення пшениці спельти та полби.....	17
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1. План та умови проведення дослідження.....	20
2.2. Схема проведення дослідження	21
2.3. Сировина для проведення дослідження	22
2.4. Методи математичного оброблення результатів дослідження	22
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	23
3.1. Вихід крупи плющеної залежно від параметрів застосованого водотеплового оброблення	24
3.2. Тривалість приготування крупи плющеної залежно від параметрів застосованого водотеплового оброблення	31
3.3. Обґрунтування раціональних режимів перероблення пшениці полби на крупу плющену	37
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	41
4.1 Організація умов охорони праці на робочому місці	41
4.2 Розроблення заходів з охорони праці	42
4.3 Моделювання небезпечних ситуацій	43
4.4. Висновки.....	43
РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	44
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	46

	4
ВИСНОВКИ	48
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток А.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Г	Ошибка! Закладка не определена.

АНОТАЦІЯ

Products obtained as a result of processing cereal grains are in great demand among consumers on most continents. This is due to the high culinary quality that is inherent in these products. During the preparation of cereal dishes, a significant amount of volatile compounds and intermediate products are released, which have distinct aroma and taste characteristics. In modern trade, the practice of baking bakery products directly in stores is widespread, which creates favorable conditions for attracting customers, since the aromas of freshly baked bread have a positive effect on their purchase decisions. This is because, at the moment, it is not possible to synthesize the volatile aromatic compounds that are formed during baking artificially.

The events related to the hostilities in 2022 had a significant impact on the development strategies of food industry enterprises. The main goal of the new strategies was to ensure an increased level of food security. For this purpose, measures are envisaged aimed at the production of food products with the following characteristics:

- extended shelf life;
- high biological value;
- high culinary value;
- speed and ease of preparation.

These measures contribute to better meeting the needs of consumers and increasing stability in the context of a changed socio-economic situation.

In the context of the energy crisis, it is extremely important to reduce the time of preparation of products, which will significantly expand the possibilities of using ready-made meals, especially to meet the urgent needs of the affected regions. In this context, spelt wheat is particularly promising, as it stands out for its high protein content, which is well balanced in amino acid composition compared to common wheat varieties. The protein content in spelt grain can reach 18-20%, which ensures a high culinary and biological value of products made from this raw material.

The disadvantage of spelt wheat is the low content of proteins that form gluten, which somewhat limits its use for the manufacture of bakery products. At the same time, the presence of water-soluble protein fractions in grain makes it an excellent raw material

for the manufacture of cereal products. This is especially important in the light of modern requirements for the food industry, where special attention is paid to the development of technologies for the rational processing of spelt wheat grain into rolled cereals.

Given the specific properties of spelt grain, it can be effectively used for the production of whole grain foods. This possibility is due to the structure of the surface layers of seed and fruit coats, which in spelt have a much softer consistency compared to the film coats of traditional wheat varieties. As a result, whole-grain spelt products, including rolled groats, have an increased culinary value that differs from similar products from common wheat varieties. In addition, it is necessary to continue the study of sorption properties of naked wheat, which opens up new opportunities for expanding their use in the food industry.

The purpose of the study is the scientific substantiation of the modes of water and heat treatment of spelt wheat grain in the production of rolled groats with a reduced cooking time.

Objectives of the study:

- To get acquainted with the technological properties of spelt wheat grain. To substantiate varieties for further processing into rolled cereals.
- To determine the influence of the parameters of hot conditioning of spelt wheat grain on the structural and mechanical properties of the finished product, its culinary quality;
- To substantiate rational modes of production of rolled groats from spelt wheat grains.

Object of study:

Technology for the production of cereal products.

The subject of the study

Modes of Water-Heat Treatment of Wheat Grain in Rolled Groats Production Technologies.

The modes of processing spelt wheat grain into cereals, which have not been previously studied, have been studied. As a result of mathematical modeling and statistical data processing, mathematical models and proven dependencies have been

obtained, which allow a better understanding of the process of water-thermal treatment of rare wheat species during the production of cereals of increased biological value. During the study, issues that require further study were identified, in particular, biochemical changes in the product during its production.

The obtained results are of practical importance, which consists in scientifically based recommendations for production, which is recommended for use by enterprises of low productivity. Economic calculation provides an understanding of the risks from the implementation of the proposed technological solutions, which is recommended to be used by enterprises in the development of reorganization plans or planning of new enterprises.

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження

Продукти, отримані в результаті переробки зерна злакових культур, користуються значним попитом серед споживачів на більшості континентів. Це пов'язано з високою кулінарною якістю, яка притаманна цим продуктам. Під час приготування страв із зернових відбувається виділення значної кількості летких сполук та проміжних продуктів, які мають виразні ароматичні й смакові характеристики. У сучасній торгівлі поширена практика випікання хлібобулочних виробів безпосередньо в магазинах, що створює сприятливі умови для залучення покупців, оскільки аромати свіжовипеченого хліба позитивно впливають на їх рішення про купівлю. Це пояснюється тим, що на даний момент синтезувати леткі ароматичні сполуки, які утворюються під час випікання, штучним шляхом неможливо.

Події, пов'язані з військовими діями у 2022 році, суттєво вплинули на стратегії розвитку підприємств харчової промисловості. Основною метою нових стратегій стало забезпечення підвищеного рівня продовольчої безпеки. Для цього передбачені заходи, спрямовані на виробництво харчових продуктів із такими характеристиками:

- подовжений термін зберігання;
- висока біологічна цінність;
- висока кулінарна цінність;
- швидкість і зручність у приготуванні.

Ці заходи сприяють кращому задоволенню потреб споживачів та підвищенню стабільності в умовах зміненої соціально-економічної ситуації.

В умовах енергетичної кризи надзвичайно важливим є скорочення часу приготування продуктів, що дозволить значно розширити можливості використання готових страв, особливо для забезпечення гострих потреб постраждалих регіонів. У цьому контексті пшениця полба є особливо перспективною, оскільки вона вирізняється високим вмістом білка, який добре

збалансований за амінокислотним складом у порівнянні з поширеними сортами пшениці. Вміст білка в зерні полби може досягати 18-20%, що забезпечує високу кулінарну та біологічну цінність продукції, виробленої з цієї сировини.

Недоліком пшениці полби є низький вміст білків, які утворюють клейковину, що дещо обмежує її використання для виготовлення хлібобулочних виробів. Водночас наявність у зерні водорозчинних фракцій білка робить її відмінною сировиною для виготовлення круп'яних продуктів. Це особливо важливо у світлі сучасних вимог до харчової промисловості, де особлива увага приділяється розробці технологій для раціонального перероблення зерна пшениці полби на плющені крупи.

З огляду на специфічні властивості зерна полби, її можна ефективно використовувати для виробництва цільнозернових продуктів харчування. Ця можливість зумовлена структурою поверхневих шарів насінневої та плодової оболонки, які у полби мають значно м'якшу консистенцію в порівнянні з плівковими оболонками традиційних сортів пшениці. В результаті цільнозернові продукти з полби, включаючи плющені крупи, мають підвищену кулінарну цінність, відмінну від аналогічних продуктів з поширених сортів пшениці. Крім того, необхідно продовжити дослідження сорбційних властивостей голозерних пшениць, що відкриває нові можливості для розширення їхнього застосування у харчовій промисловості.

Мета дослідження наукове обґрунтування режимів водо теплового оброблення зерна пшениці полби за виробництва крупів плющених із скороченою тривалістю приготування.

Завдання дослідження:

- Ознайомитись із технологічними властивостями зерна пшениці полби. Обґрунтувати сорти для подальшого перероблення на крупи плющені.
- Встановити вплив параметрів гарячого кондиціонування зерна пшениці полби на структурно-механічні властивості готового продукту, його кулінарну якість;
- Обґрунтувати раціональні режими виробництва крупів плющеної із зерна пшениці полби.

Об'єкт дослідження:

Технологія виробництва круп'яних продуктів.

Предмет дослідження

Режими водотеплового оброблення зерна пшениці у технологіях виробництва крупів плющених

Методи дослідження емпіричні.

Наукова новизна одержаних результатів

Досліджені режими перероблення зерна пшениці полби на крупи, які раніше досліджені не були. У результаті математичного моделювання та статистичного оброблення даних отримано математичні моделі та доведені залежності, які дозволяють краще зрозуміти процес водотеплового оброблення малопоширених видів пшениць під час виробництва крупів підвищеної біологічної цінності. Під час дослідження виявлені питання, що вимагають подальшого вивчення, зокрема біохімічні зміни в продукті під час його виробництва.

Практичне значення отриманих результатів

Отримані результати мають практичне значення, що полягає в науково-обґрунтованих рекомендаціях виробництву, що рекомендовано до використання підприємствами низької продуктивності. Економічний розрахунок дає розуміння ризиків від впровадження запропонованих технологічних рішень, що рекомендовано використовувати підприємствами під час розроблення планів реорганізації, або планування нових підприємств.

Апробація результатів роботи. Основні результати досліджень були представлені та обговорені на Всеукраїнській конференції (м. Умань, УНУС) а також на засіданнях наукового гуртка кафедри Харчових технологій.

Публікації. Результати роботи опубліковані у матеріалах Всеукраїнської конференції (Додаток А).

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Відомості про пшеницю полби. Походження та історія використання

Перші згадки про використання полби як культури датуються приблизно 3-4 тисячоліттям до н.е., і є припущення, що саме вона була першою злаковою культурою, яку почали одомашнювати. Висока біологічна цінність продуктів з полби стимулювала інтерес до її вирощування та споживання. На ранніх етапах полбу вживали у сирому або зволоженому вигляді, що забезпечувало насичення організму поживними речовинами на тривалий час завдяки особливостям її структури. Полба також вирізняється природними механізмами захисту від різноманітних біотичних і абіотичних факторів навколишнього середовища, що робило її стійкою культурою навіть за умов примітивного землеробства [1, 2].

Подальші відомості про поширення полби вказують на її використання для виробництва крупів, для чого зерно обробляли, знімаючи верхні шари на рівні доступних засобів механізації. Обмежені згадки також свідчать про застосування борошна з полби для виготовлення випічки та інших борошняних виробів. Невеликі обсяги її вирощування були обумовлені високою потребою в ручній праці та низьким рівнем механізації. Спільні зусилля ремісників і аграріїв спрямовувалися на підвищення урожайності зернових та придатності до первинної механічної обробки, що з часом зумовило відбір на користь більш продуктивних видів пшениці. Водночас полба, через особливу будову свого колоса, а саме щільно прилеглі луски, виявилася менш придатною для механічної обробки порівняно з пізнішими селекційними видами [3].

Щільно прилягаючі колоскові луски полби виконували природну захисну функцію рослини, протистоячи негативним чинникам навколишнього середовища та ускладнюючи механічну обробку в умовах тогочасного сільського господарства. Сьогодні науково-технічний прогрес дозволяє ефективно механізувати процеси вирощування та переробки полби в промислових масштабах. Високий вміст білка є важливою перевагою полби, проте селекційні спроби підвищення врожайності призводили до втрати якості зерна та зниження стійкості до природних чинників.

Складні агрономічні властивості полби обмежували її конкурентоспроможність у порівнянні з новими високоврожайними голозерними видами пшениць, які краще підходили для механізованого оброблення. Зацікавленість у вирощуванні полби почала відновлюватися нещодавно, що пов'язано з досягненням продовольчої безпеки більшістю країн світу завдяки голозерним сортам пшениці [4-5].

Однак постійне збільшення врожайності сучасних сортів пшениці призвело до значних втрат їхньої якості, зокрема зниження біологічної цінності, що сприяє дисбалансу поживних речовин у раціонах сучасних споживачів. Особливо актуальною за останнє десятиліття стала проблема забезпечення білком у харчуванні, що посилює інтерес до продуктів з полби та спельти, відомих своїм поживним складом. У відповідь на зростаючий попит виробники збільшили обсяги вирощування та переробки цих культур [6].

Сьогодні продукти з полби стабільно користуються високим попитом завдяки їхній багатовіковій історії, чудовим кулінарним властивостям, підвищеній безпечності та можливості органічного вирощування. Хоча історія полби сягає глибокої давнини, її властивості вивчені значно менше, ніж у пізніших сортів пшениці, що обумовлено інтенсивним розвитком науки і техніки в епоху популяризації голозерних сортів. Полба збереглася майже незмінною до наших днів, що робить її цінною як з точки зору маркетингу, так і для наукових досліджень як нової, унікальної для науки сировини [7].

Молочнокисле, спиртове, комбіноване та мимовільне бродіння сирого, пророщеного та ферментативно обробленого зерна полби суттєво покращили вміст екстрагованих і зв'язаних фенолів, підвищивши співвідношення екстрагованих до зв'язаних форм і збільшивши доступність антиоксидантів у спельті. Найвищий рівень екстракції, вмісту зв'язаних індивідуальних фенолів і антиоксидантної активності *in vitro* було досягнуто при ферментації пророщених зерен спельти *Saccharomyces cerevisiae*, тоді як для ферментативно оброблених зерен найбільш ефективним був штам *Lactobacillus plantarum* (окремо або з *S. cerevisiae*). З екстрагованих фенолів найбільше збільшення показала трансферулова кислота в пророщеному насінні, ферментованому дріжджами (2922%), тоді як серед зв'язаних

фенолів найвищий приріст цисферулової кислоти (466%) був у сирих зерен, ферментованих дріжджами. Мимовільне бродіння пророщених і ферментативно оброблених зразків ефективно знижувало внутрішньоклітинне окислення, ймовірно, завдяки апігеніновим похідним; клітинне поглинання зв'язаних гідроксикоричних кислот було значно вищим, ніж екстрагованих, однак останні виявились ефективнішими антиоксидантами *in vivo* [8-10].

Зміна клімату, зокрема зменшення кількості опадів, ускладнює вирощування зернових, оскільки посуховий стрес знижує ріст рослин і врожайність. Водночас зростає інтерес до стародавніх сортів пшениці, таких як спельта. Метою цього дослідження було порівняти стійкість до посухи спельти (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) і звичайної пшениці (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). Було обрано шість сортів спельти з Європи та звичайну пшеницю «Богатка» як еталон. У добре политих і посухостійких рослин вимірювали фотосинтез, флуоресценцію хлорофілу, відносний вміст води, рівень вільного проліну та антоціанів. Виявлено, що сорти «Франкенкорн» і «Баденгольд» мали вищу стійкість до посухи порівняно з іншими сортами та звичайною пшеницею. Зокрема, у «Франкенкорні» було зафіксовано лише незначне зниження асиміляції CO₂ (на 27%) і стабільну транспірацію, поряд із різким підвищенням рівня проліну (в 18 разів) і антоціанів (на 222%), а також невелике збільшення рівня перекисного окислення ліпідів (1,9%). Це свідчить про високу стійкість сорту до посухи, що робить його придатним для вирощування на землях з обмеженим зволоженням [11-13].

Пшениця полба демонструє високу стійкість до посухи та стресових умов вирощування, що робить її перспективною культурою для регіонів з нестабільним зволоженням. Її здатність накопичувати антиоксиданти, пролін та антоціани в умовах дефіциту води сприяє збереженню врожайності та якості зерна. Окрім того, зростаючий інтерес споживачів до стародавніх сортів пшениці підвищує ринкову привабливість полби, що може позитивно вплинути на сільськогосподарську економіку [14].

1.2. Технологічна оцінка зерна пшениці полби

За більшістю технологічних характеристик пшениця полба схожа на сучасні промислові аналоги. Однак її зерно вирізняється підвищеним вмістом білка та нижчим вмістом крохмалю, між якими спостерігається обернено пропорційна залежність [15].

Споживання зернових культур, особливо древніх злаків, вважається основою здорового харчування, і всі сучасні дієтичні рекомендації розміщують злаки на нижньому рівні харчової піраміди. Разом із злаками бобові є чудовим джерелом поживних речовин і нутрицевтиків. Досліджено вплив агропромислових обробок, таких як лущення та переварювання, на антиоксидантний потенціал борошна з древніх зернових і бобових культур. Екстракцію вільних гідрофільних фенольних сполук проводили в гідроалкогольній суміші за допомогою ультразвуку, а твердий залишок додатково гідролізували лужним розчином для виділення зв'язаної фенольної фракції [16].

Після екстракції як вільні, так і зв'язані фракції були кількісно проаналізовані для визначення загального вмісту поліфенолів та флавоноїдів, а антиоксидантний потенціал оцінювався за допомогою аналізів радикального поглинання ABTS і DPPH, де результати виражались як еквівалент антиоксидантної здатності Trolox (TEAC/ABTS і TEAC/DPPH відповідно). Зразки також екстрагували в аполярних органічних розчинниках (ацетон або насичений водою ізо-бутанол) для кількісної оцінки ліпофільних антиоксидантних сполук і пігментів. Обговорення результатів показало, що (i) фенольні сполуки здебільшого присутні у зв'язаній фракції після гідролізу, (ii) процес попереднього приготування значно знижував концентрацію антиоксидантів, (iii) лущення дещо підвищувало вміст фенолів, та (iv) бобові менше піддавались впливу попередньої обробки, що дозволяє розглядати їх як засіб для збагачення зернових продуктів [17].

Споживання зернових культур, особливо древніх злаків, є основою здорового харчування, і злаки займають найнижчий рівень у харчовій піраміді сучасних дієтичних рекомендацій. Разом із зерновими, бобові є важливим джерелом

поживних речовин і нутрицевтиків. Досліджували вплив агропромислових обробок, таких як лущення і попереднє варіння, на антиоксидантний потенціал борошна з древніх зернових і бобових культур. Екстракцію вільних гідрофільних фенольних сполук проводили в гідроалкогольній суміші за допомогою ультразвуку, після чого твердий залишок гідролізували лужним розчином для виділення зв'язаної фенольної фракції. Вільні і зв'язані фракції оцінювали за загальним вмістом поліфенолів та флавоноїдів, а антиоксидантний потенціал визначали методами радикального поглинання ABTS і DPPH, з вираженням результатів як еквівалент антиоксидантної здатності Trolox (TEAC/ABTS та TEAC/DPPH). Зразки також екстрагували в органічних розчинниках (ацетон або насичений водою ізо-бутанол) для аналізу ліпофільних антиоксидантів і пігментів. Порівняння цих параметрів борошна з сирих зерен, пластівців та напівфабрикатів показало, що (i) фенольні сполуки здебільшого зберігаються у зв'язаній фракції після гідролізу, (ii) попереднє приготування значно знижує концентрацію антиоксидантів, (iii) лущення трохи підвищує вміст фенолів, і (iv) бобові менше піддаються втратам при обробці, що робить їх перспективними для збагачення зернових продуктів [18].

Пшениця полба (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) – це давній вид пшениці, який вирощували ще в Месопотамії та Єгипті. На відміну від звичайної пшениці, полба має більш тверду оболонку, що захищає зерно, підвищуючи його стійкість до несприятливих погодних умов і шкідників. Зростаючий інтерес до полби зумовлений її унікальними поживними властивостями, а також високою адаптивністю до складних кліматичних умов, зокрема до посухи. Вона відзначається високою харчовою цінністю, а також особливими технологічними характеристиками, які є важливими для переробки та використання у харчовій промисловості [19].

Пшениця полба містить високий рівень білка, що значно відрізняє її від сучасних сортів пшениці. У ній також нижчий вміст крохмалю, між кількістю білка та крохмалю існує обернено пропорційна залежність. Це забезпечує полбі унікальні якості: зниження крохмалю робить її корисною для людей, що обмежують

споживання вуглеводів, а підвищений вміст білка сприяє її популярності серед прихильників здорового харчування. До складу зерна входять також мікроелементи, вітаміни групи В, Е, антиоксиданти (поліфеноли) і жирні кислоти, що робить полбу поживним продуктом для виготовлення борошна, круп та інших продуктів [20-24].

Зерно полби відрізняється міцною оболонкою, що вимагає додаткових технологічних процесів, таких як лущення, для видалення оболонки перед переробкою. Це обумовлює складніші вимоги до технічного оснащення підприємств, які переробляють полбу, а також потребує додаткових енергетичних затрат. Однак саме ця оболонка захищає зерно від забруднень і знижує ризик його пошкодження, що подовжує термін зберігання зерна без втрати якості [25].

Борошно з полби має специфічні властивості завдяки підвищеному вмісту білка, низькому вмісту глютену і зміненому складу амінокислот, що робить його цінним для приготування дієтичних і безглютенових продуктів. Тісто з борошна полби відрізняється меншою еластичністю та липкістю, що ускладнює роботу з ним при виготовленні хліба чи кондитерських виробів, але додає особливих смакових характеристик і підвищує харчову цінність. Полба може використовуватися для виготовлення каш, макаронних виробів, хліба, а також для збагачення інших продуктів за рахунок високого вмісту амінокислот, вітамінів та мінералів [16, 26].

Зміни клімату та підвищення посушливості регіонів значно ускладнюють вирощування багатьох зернових культур, зокрема звичайної пшениці. Полба демонструє високу стійкість до посухи завдяки своїм морфологічним особливостям і здатності накопичувати захисні речовини, такі як пролін та антоціани, які допомагають їй переносити стресові умови. Це робить полбу перспективною культурою для вирощування в регіонах з обмеженим зволоженням і несприятливими умовами для традиційних сортів пшениці [27].

Зерно полби містить підвищену кількість антиоксидантів, зокрема поліфенолів, які здатні нейтралізувати вільні радикали і знижувати рівень окислювального стресу в організмі. Це дозволяє використовувати полбу як

функціональний інгредієнт для створення продуктів, спрямованих на зміцнення здоров'я, зокрема для профілактики серцево-судинних і онкологічних захворювань. Дослідження показують, що процеси лушення та термічної обробки частково знижують рівень антиоксидантів у полбі, однак навіть після обробки вона залишається багатим джерелом цих корисних речовин [28-30].

Пшениця полба має унікальні технологічні властивості, які відрізняють її від сучасних сортів пшениці. Завдяки високому вмісту білка, зниженому рівню крохмалю, стійкості до кліматичних стресів і підвищеній антиоксидантній активності, полба є перспективною культурою як для харчової промисловості, так і для сільського господарства. Вона підходить для вирощування в умовах посухи, а її хімічний склад забезпечує високу харчову цінність та можливості для створення широкого спектра продуктів. Подальші дослідження та інновації в обробці можуть підвищити ефективність використання полби та розширити її присутність на ринку здорового харчування [31].

1.3. Сучасні технології перероблення пшениці спельти та полби

У сучасному світі відбувається зростання інтересу до древніх зернових культур, зокрема пшениці полби (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) та спельти (*Triticum spelta*), що пояснюється їх високою поживною цінністю та стійкістю до несприятливих кліматичних умов. Пшениця полба та спельта мають значний потенціал для харчової промисловості завдяки підвищеному вмісту білка, клітковини, антиоксидантів та вітамінів, а також унікальному амінокислотному складу. У цьому зв'язку розробка сучасних технологій переробки зерна полби та спельти є актуальною задачею, спрямованою на збереження та примноження їх корисних властивостей під час обробки [32].

Оскільки зерна полби та спельти покриті міцною оболонкою, перший етап їх обробки включає лушення – видалення зовнішньої оболонки для підготовки зерна до подальших технологічних процесів. Лушення є необхідним кроком, оскільки оболонка може знижувати якість борошна та інших продуктів. Для лушення

використовують спеціальне обладнання, таке як лушпильні машини та роликові млини, що дозволяють зняти оболонку з мінімальною втратою маси зерна [33].

Процес помелу є основним для виробництва борошна з полби та спельти. Завдяки унікальному складу зерна, отримане борошно має відмінні властивості та характеризується підвищеним вмістом білка і клітковини. Сучасні технології помелу передбачають використання вальцових млинів, а також жорнових млинів, які дозволяють зберігати максимальну кількість поживних речовин у борошні. Технологія жорнового помелу знижує нагрівання зерна, що сприяє збереженню корисних речовин, таких як антиоксиданти та вітаміни, які чутливі до підвищених температур [34-36].

Гідротермічна обробка зерна полби та спельти проводиться для підвищення їх кулінарних якостей, покращення консистенції продуктів і підвищення тривалості зберігання. Цей процес включає обробку зерна парою або гарячою водою, що сприяє покращенню смакових характеристик і поліпшенню текстури продуктів. Сучасні методи гідротермічної обробки передбачають використання автоклавів та парових камер, що забезпечує рівномірну обробку зерна та мінімізацію втрат поживних речовин [37-38].

Ферментація є важливим процесом для підвищення біологічної цінності зерна полби та спельти, а також для покращення смаку та текстури кінцевих продуктів. Під час ферментації в зерні активуються ферменти, які розкладають фітинову кислоту, що підвищує доступність мікроелементів, таких як залізо, кальцій та магній. Ферментацію проводять за допомогою молочнокислих бактерій (*Lactobacillus plantarum*) або дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*), які допомагають збільшити вміст антиоксидантів та поліфенолів. Відповідні біореактори та контрольовані умови ферментації дозволяють отримати продукти з високими поживними характеристиками [39].

Екструзійна обробка зерна полби та спельти – сучасна технологія, яка дозволяє виробляти цільозернові продукти, каші, пластівці та інші швидкорозчинні продукти. Процес екструзії передбачає високотемпературне й короткочасне оброблення під високим тиском, що сприяє збереженню поживних речовин і

створенню продуктів із підвищеною швидкістю засвоєння. Завдяки цьому методу можна досягти хороших смакових характеристик, покращити текстуру та зробити продукти більш зручними для приготування [40].

Ультразвукова обробка – інноваційна технологія, яка дозволяє підвищити екстрагування корисних сполук, таких як фенольні речовини та антиоксиданти, з зерна полби та спельти. Завдяки ультразвуковим хвилям збільшується проникнення розчинника в структуру зерна, що дозволяє отримувати більш концентровані екстракти корисних речовин. Ультразвук також сприяє зниженню часу обробки, що зберігає тепло-нестійкі компоненти та мінімізує деградацію біологічно активних сполук [41].

Термічна обробка зерна полби та спельти здійснюється для виробництва продуктів, що потребують тривалого зберігання, таких як крупи та пластівці. Завдяки цьому методу зменшується активність ферментів, що попереджає псування продуктів. Сучасні технології дозволяють застосовувати термічну обробку без втрати значної кількості поживних речовин. Використання інфрачервоного нагрівання, конвективної та індукційної обробки дає змогу підтримувати високу якість продукту та зберігати його біологічну цінність [42-45].

Сучасні технології переробки зерна полби та спельти дають змогу отримувати різноманітні продукти з високими поживними та функціональними властивостями. Завдяки використанню методів ферментації, екструзії, ультразвукової та гідротермічної обробки можна не тільки зберігати, а й підвищувати корисні характеристики зерна. Інноваційні технології переробки також сприяють створенню нових продуктів, що відповідають потребам сучасного споживача та вимогам до здорового харчування. Пшениця полба та спельта, завдяки своїм унікальним властивостям, мають великий потенціал для використання у харчовій промисловості та можуть зайняти важливе місце на ринку здорового харчування [46].

РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. План та умови проведення дослідження



2.1 Рис. Схема проведення дослідження

Дослідження проведені в умовах лабораторії кафедри харчових технологій у 2021 – 2022 роках. Обладнання для проведення дослідження, робоче місце, план проведення досліджень узгоджено із керівником роботи.

2.2. Схема проведення дослідження

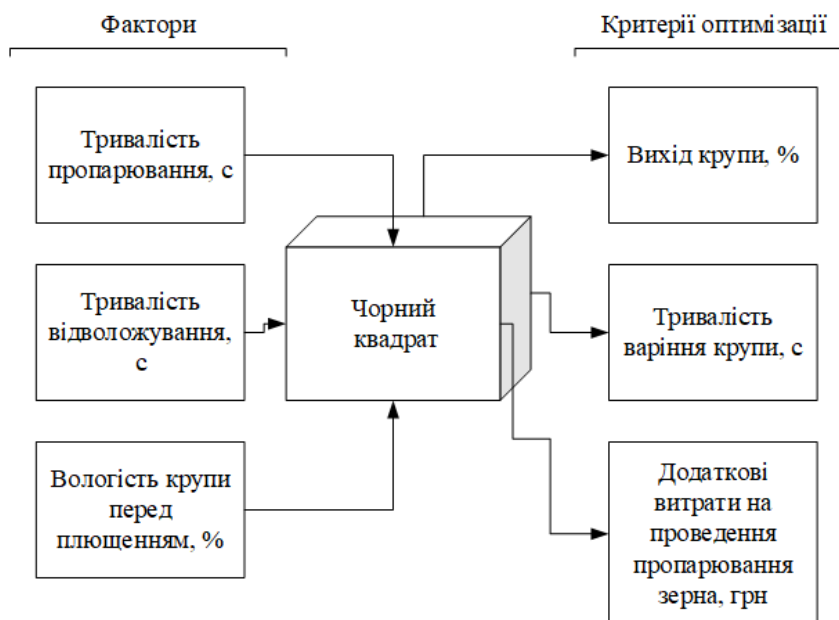


Рис. 3.2 План проведення експеримента

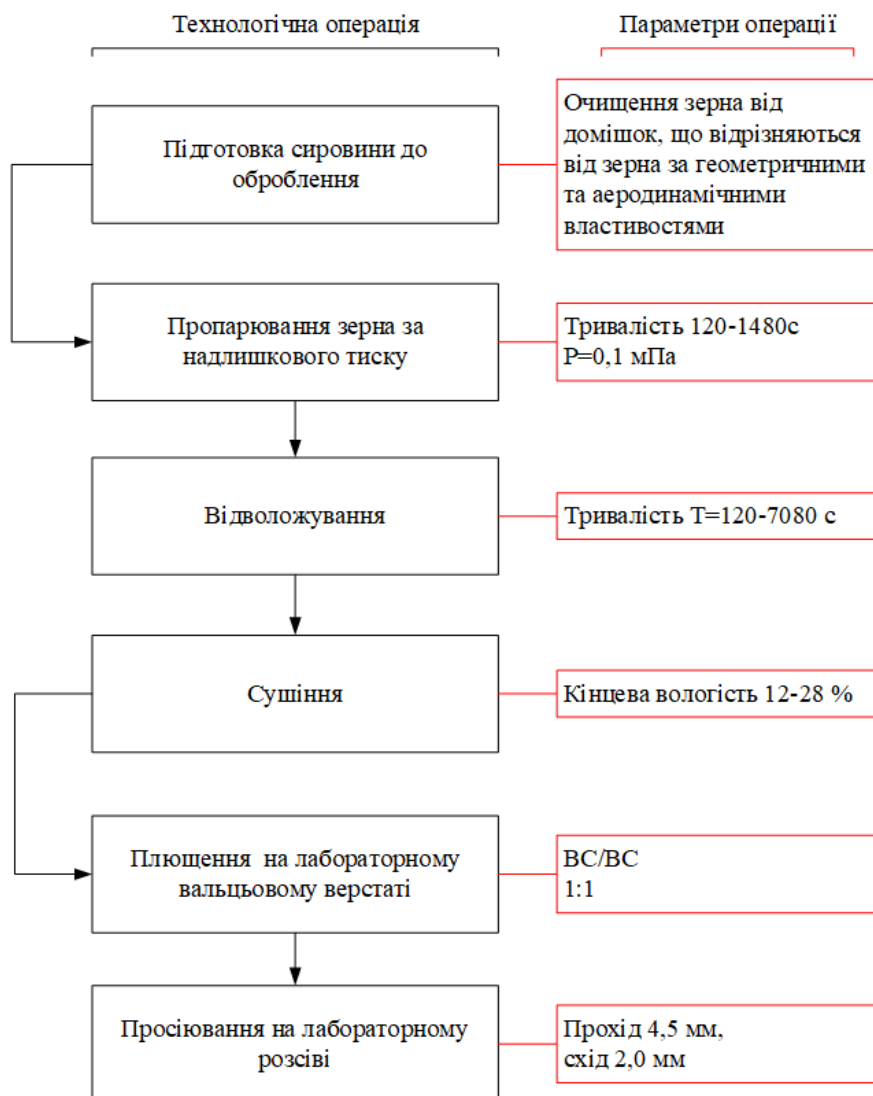


Рис. 3.3 Схема виробництва крупів в лабораторних умовах

2.3. Сировина для проведення дослідження

Для виробництва крупи плющеної використано зерно пшениці полби сорту Голіківська, вирощеного в умовах лівобережного лісостепу України на дослідних ділянках Уманського НУС у 2021 році. Вихідна характеристика сировини:

- натура зерна – 770 г/л;
- маса 1000 зерен – 35 г;
- склоподібність – 52 %;
- вміст білка – 15,8 %.

Обрання сорту Голіківська зумовлено недостатнім рівнем вивчення технологій його перероблення, відмінності технологічних властивостей від аналогічних сортів пшениці полби, високими показниками якості сировини.

2.4. Методи математичного оброблення результатів дослідження

Дослідження проводили у чотирьох повторностях для виключення ймовірності помилок, пов'язаних із плануванням експерименту, умовами його проведення, або інших чинників.

Результати обробляли за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення пакетів StstSoft та Microsoft.

Під час аналізу використано методи параметричної та непараметричної статистики. Пріоритетним видом аналізу даних – регресійний.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Статистична обробка результатів експерименту є важливим етапом, оскільки дозволяє об'єктивно оцінити достовірність отриманих даних, виявити закономірності та підтвердити чи спростувати гіпотези, що забезпечує наукову обґрунтованість висновків [47].

Основні види статистичної обробки включають: описову статистику (підсумування та візуалізація даних, такі як середнє, медіана, мода, стандартне відхилення), кореляційний аналіз (визначення зв'язку між змінними), дисперсійний аналіз (оцінка відмінностей між групами), регресійний аналіз (моделювання залежності однієї змінної від інших) та перевірку статистичних гіпотез (визначення значущості результатів) [48].

Отримання достовірних залежностей можливо тільки у результаті виключення ймовірного впливу супутніх чинників. До таких можна віднести всі види похибок, що мають місце під час дослідження. У результаті нехтування виключення похибок, отримані результати можуть бути хибними.

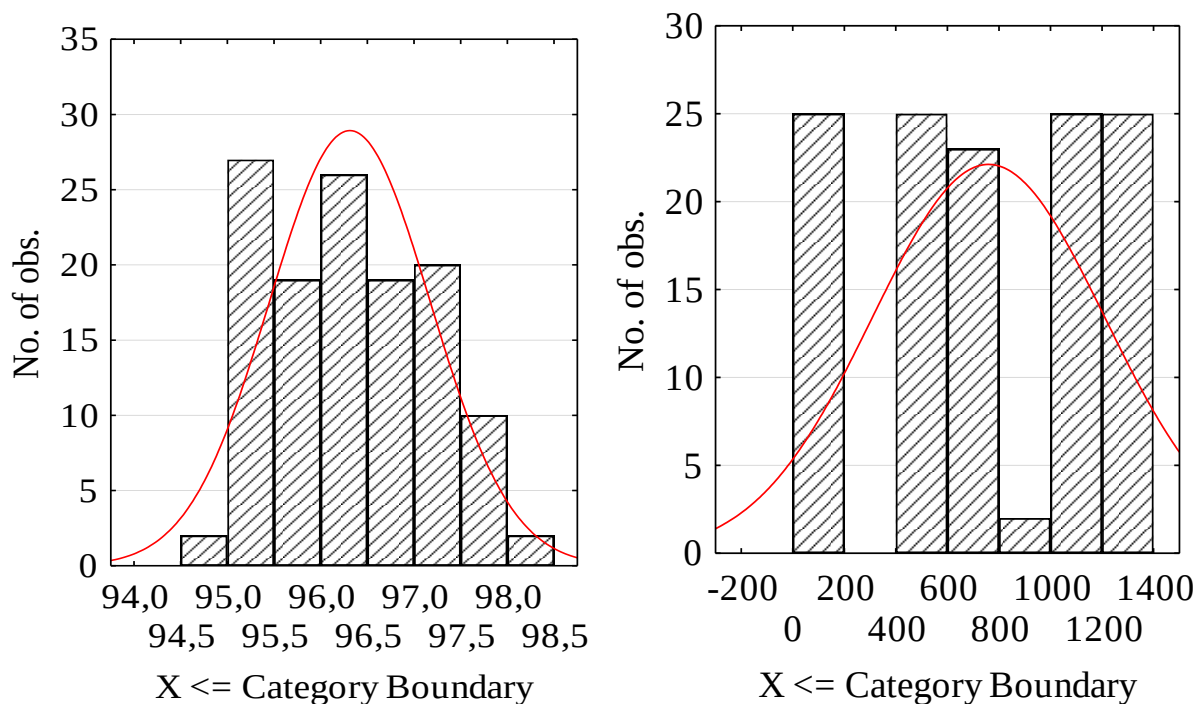


Рис. 3.1. Гістограми розподілення

Для виключення всіх ймовірних похибок, пов'язаних із умовами проведення експериментів, останні були рандомізовані у часі. Результати аналітичних повторювань а також первинне їх статистичне оброблення наведено у Додатку Б.

Важливою передумовою отримання коректних тенденцій та виявлене достовірних закономірностей є правильний вибір виду статистичного оброблення, що може відрізнятись залежно від типу даних, що необхідно обробити (рис. 3.1).

Відповідно до комплексного аналізу вибірок сформовано висновок про їх неправильне розподілення, що впливає із форми кривої Гауса, а також супутніх тестів. Тому подальшу обробку даних здійснювали методами непараметричної статистики.

3.1. Вихід крупи плющеної залежно від параметрів застосованого водотеплового оброблення

Вихід крупи плющеної підвищувався за збільшення тривалості пропарювання зерна (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Вихід крупи плющеної залежно від параметрів водотеплового оброблення зерна пшениці полби

Т _п , с	Т _в , с	Вологість перед плющенням, %				
		12	16	20	24	28
120	120	95,06±0,19	95,1±0,19	95,4±0,22	95,09±0,17	95,12±0,16
960	120	95,78±0,34	95,37±0,19	96,01±0,29	95,5±0,1	95,74±0,15
1800	120	96,48±0,22	96,21±0,29	96,47±0,2	96,09±0,32	96,03±0,14
2640	120	97,14±0,38	96,57±0,25	97,05±0,52	96,63±0,42	96,59±0,31
3480	120	97,68±0,41	97,48±0,54	97,8±0,43	97,38±0,61	97,42±0,28
120	1860	94,97±0,09	95,18±0,12	95,46±0,15	95,31±0,23	95,15±0,08
960	1860	95,52±0,31	95,49±0,18	95,75±0,16	95,34±0,24	95,72±0,11
1800	1860	96,25±0,13	96,01±0,15	96,38±0,31	96,2±0,4	96,16±0,26

Т _п , с	Т _в , с	Вологість перед плющенням, %				
		12	16	20	24	28
2640	1860	96,83±0,29	96,79±0,25	96,89±0,15	96,72±0,7	96,7±0,34
3480	1860	97,43±0,58	97,65±0,38	97,57±0,18	97,17±0,58	97,36±0,52
120	3600	95,17±0,16	95,18±0,15	95,5±0,14	95,22±0,16	95,05±0,17
960	3600	95,64±0,21	95,67±0,21	96,12±0,11	95,72±0,21	95,48±0,24
1800	3600	96,02±0,31	96,08±0,36	96,71±0,15	96,58±0,37	95,93±0,52
2640	3600	96,69±0,34	96,7±0,35	97,34±0,41	97,25±0,1	96,41±0,5
3480	3600	97,41±0,27	97,74±0,23	98,01±0,25	97,82±0,29	96,97±0,56
120	5340	95,29±0,09	95,07±0,19	95,56±0,15	95,36±0,15	95,15±0,23
960	5340	95,82±0,13	95,98±0,1	95,69±0,27	95,74±0,17	95,45±0,27
1800	5340	96,06±0,15	96,5±0,14	96,36±0,11	96,28±0,27	96,17±0,44
2640	5340	96,7±0,1	97,18±0,25	97,19±0,19	96,79±0,33	96,81±0,39
3480	5340	97,47±0,25	97,91±0,24	97,73±0,3	97,73±0,42	97,38±0,51
120	7080	95,15±0,16	95,13±0,27	95,7±0,13	95,06±0,18	94,74±0,32
960	7080	95,7±0,15	95,69±0,26	96,31±0,14	95,66±0,37	95,7±0,21
1800	7080	96,42±0,4	96,21±0,4	96,58±0,13	96,34±0,38	96,19±0,32
2640	7080	97,05±0,34	96,87±0,22	97,32±0,12	96,68±0,72	96,49±0,42
3480	7080	97,64±0,14	97,32±0,14	98,1±0,37	97,29±0,66	97,26±0,34

Збільшення виходу крупи із збільшенням тривалості пропарювання було пов'язано із високим рівнем клейстеризації крохмалю за дії тривалого теплового оброблення. Відомо, що клейстеризація крохмалю може бути збільшена за зменшення зазору між вальцями під час подальшого плющення зерна або використання більш жорстких умов водотеплового оброблення.

Під час проведення експериментів обрано найбільш простий вид пропарювання, що є поширеним у виробництві та не вимагає складного спеціалізованого супутнього устаткування та приладдя. Такий вибір зумовлено спрямованості дослідження малим підприємствам, які в умовах воєнного стану не можуть підвищувати ризики капіталовкладень, пов'язані із високопродуктивним обладнанням.

Результати дослідження свідчать про потенційний вплив й інших параметрів водотеплового оброблення, проте про рівень його суттєвості доцільно стверджувати за використання більш точних методів статистичного оброблення.

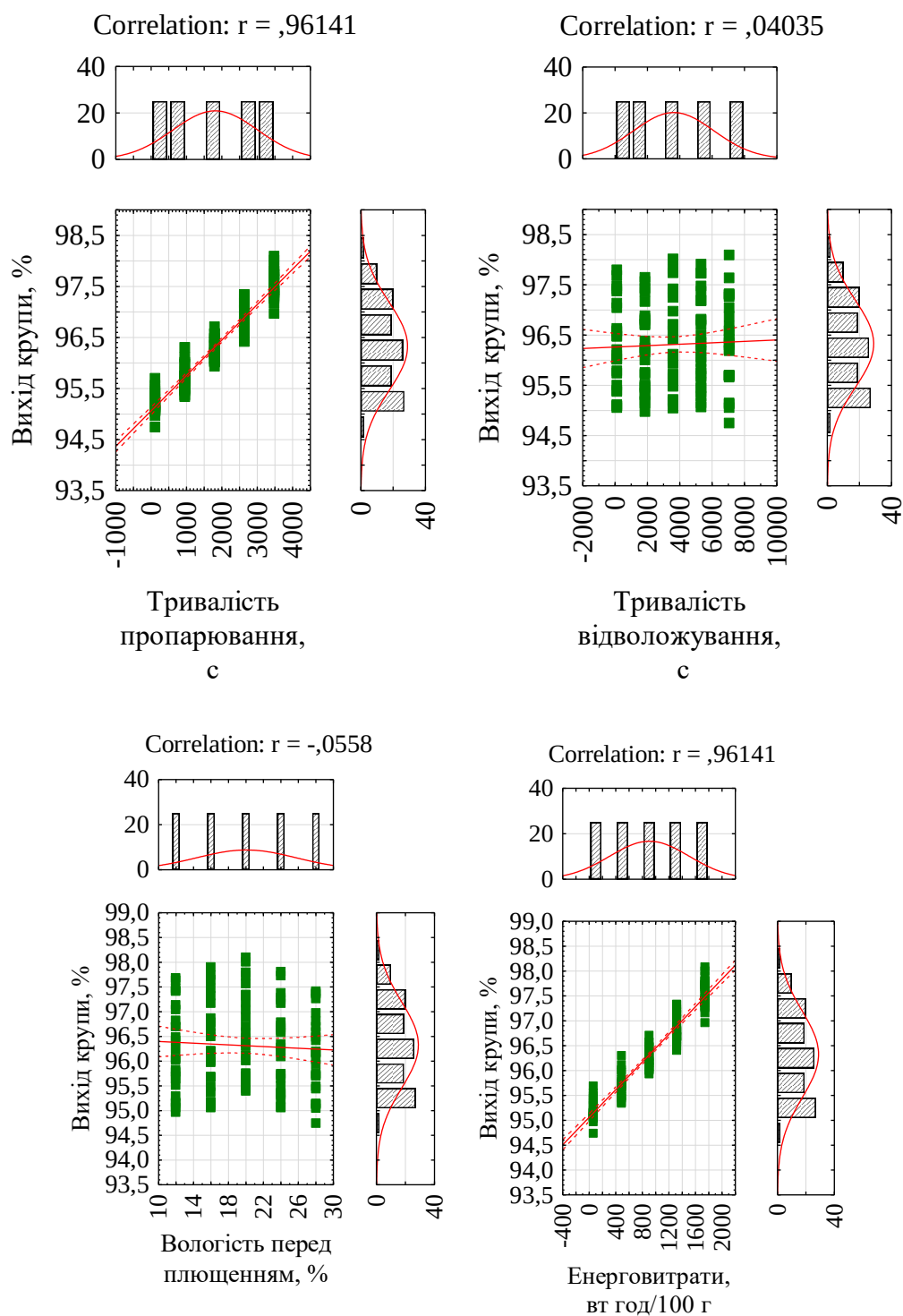


Рис. 3.2. Результати кореляційного аналізу параметрів ВТО

Сильні кореляційні зв'язки були виявлені між тривалістю пропарювання та виходом крупи й тривалістю приготування (рис. 3.2). Збільшення тривалості

пропарювання зумовлювало суттєве зменшення тривалості приготування при цьому вихід крупи підвищувався.

Зміна тривалості приготування за довготривалого термічного оброблення зумовлена незворотними змінами просторової структури білкового комплексу та модифікування крохмалю.

Тривалість відволожування мала слабкий кореляційний зв'язок із тривалістю приготування та виходом крупи (рис. 3.2).

Зміна вологості у результаті сушіння крупи істотно не впливала на параметри тривалості приготування готового продукту та загального виходу круп'яних продуктів (рис. 3.2).

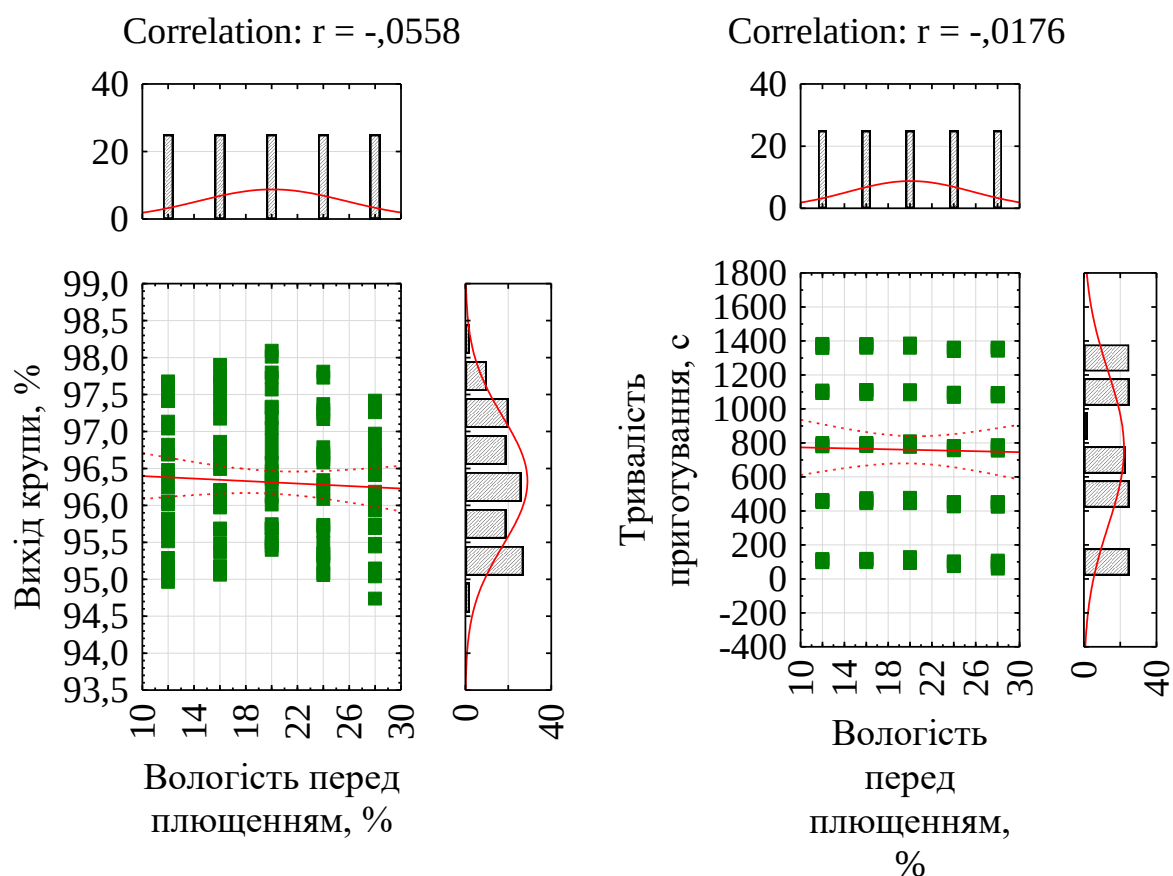


Рис. 3.2. Кореляційні залежності параметрів сушіння зерна

Із первинного статистичного оброблення а також кореляційного аналізу можна зробити висновок, що найбільше значення серед параметрів водотеплового оброблення на вихід крупи та тривалість її приготування зумовлює тривалість пропарювання. За результати досліджень можна зробити припущення про більш

суттєвий вплив відволожування зерна або його сушіння у випадку використання підвищених температур цих процесів. Проте дане припущення вимагає подальшого наукового обґрунтування.

Regr. Coefficients; Var.: Вихід круп, %; R-sqr=,94865; Adj:,94603 (Стат in Статистика) 6 factors, 1 Blocks, 125 Runs; MS Residual=,0400875 DV

Таблиця 3.2.

Результати регресійного аналізу функції виходу круп залежно від параметрів водотеплового оброблення

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(118)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	93,7471	0,26020	360,28	0,0000	93,2318	94,2624
(1)Триваліс ть пропарюва ння, с(L)	0,00054	0,00005	9,6106	0,00000	0,00043	0,00066
(2)Триваліс ть відволожув ання, с(L)	0,00002	0,00002	0,6979	0,48661	-0,00003	0,00007
Тривалість відволожув ання, с(Q)	-0,00000	0,00000	-0,179	0,86305	-0,00000	0,00000
(3)Вологіст ь перед плющенням , %(L)	0,15519	0,0269	5,7603	0,00000	0,10184	0,20855
Вологість перед плющенням , %(Q)	-0,00409	0,00066	-6,1169	0,000000	-0,00542	-0,00277

Найбільш точно залежність виходу крупи від параметрів водотеплового оброблення можна зобразити поліномом другого порядку (табл. 3.2). статистичним аналізом залежності доведено достовірний вплив тривалості пропарювання та сушіння зерна перед плющенням на вихід крупи, а тривалість відволожування не мала достовірного впливу на вказаний параметр. Підтверджує вказане твердження результат діаграми Паретто (рис. 3.3).

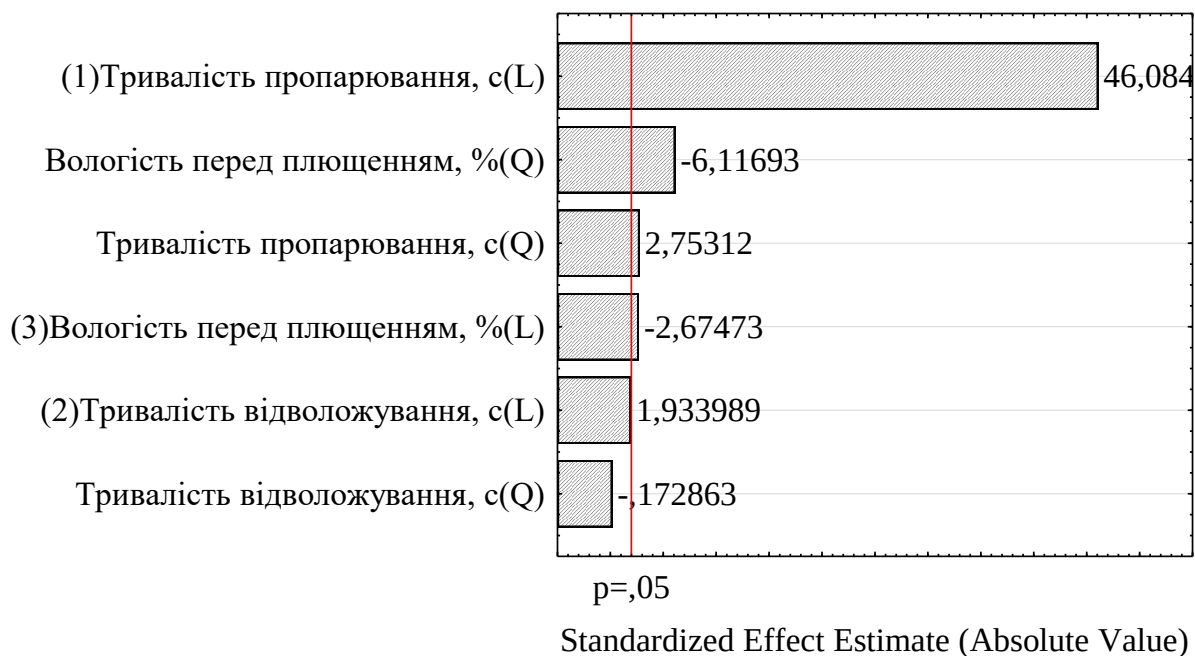


Рис. 3.3. Діаграма Паретто залежності виходу крупи від параметрів водо теплового оброблення зерна пшениці полби перед плющенням

Із рисунку 3.3. випливає сильний позитивний вплив збільшення тривалості пропарювання на вихід крупи (46,084), при цьому підвищена вологість крупи перед плющенням мала негативний вплив на вихід крупи, що було пов'язано із утворенням злиплених частинок крупи, які не відповідали бажаним геометричним параметрам круп'яного продукту та були спрямовані у відходи.

Тривалість відволожування хоч і зумовлювала малоймовірний ефект, проте наближалась до рівня достовірності (0,05).

Можна зробити припущення, що процеси зволоження та відволожування є пов'язаними між собою стосовно впливу на кінцевий продукт.

Тому вимагають подальшого вивчення питання інтенсифікування процесів водотеплового оброблення із використання нетипових методів відволожування.

Графічне відображення функції наведено на рис. 3.4.

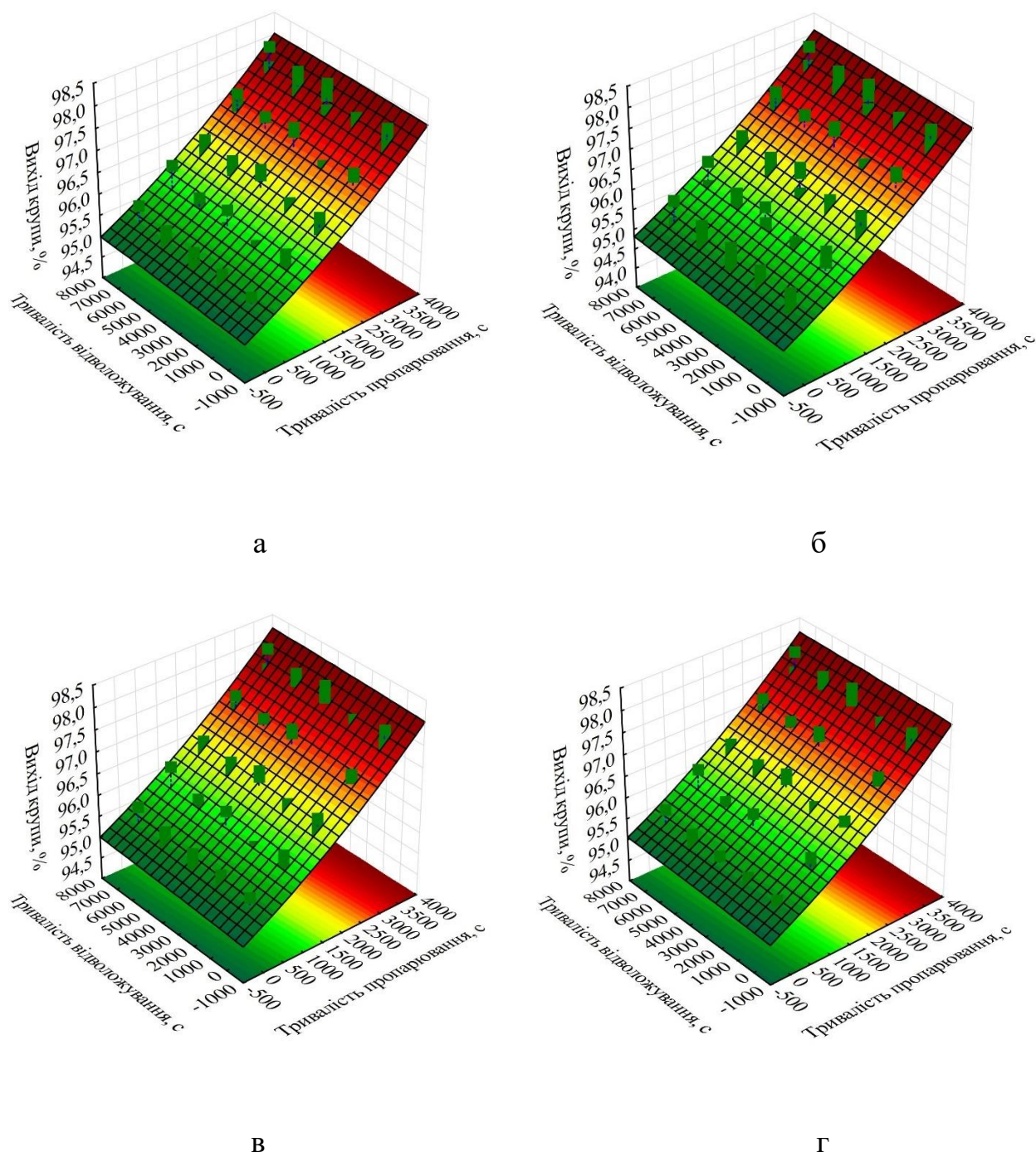


Рис. 3.4. Графічне зображення залежності виходу групи залежно від параметрів пропарювання та тривалості відволожування: а – вологість перед плющенням 12 %; б – вологість перед плющенням 16 %; в – вологість перед плющенням 20 %; г – вологість перед плющенням 24 %

3.2. Тривалість приготування крупи плющеної залежно від параметрів застосованого водотеплового оброблення

Тривалість приготування продуктів харчування – важлива ознака для формування конкурентоспроможності в сучасних ринкових умовах [49]. Популярність продуктів із скороченим терміном приготування зумовлена прискоренням ритму життя сучасного споживача [50]. Проте події 2022 року у більшій мірі внесли важливі корективи у стратегії розвитку та функціонування сучасних підприємств. У випадку перебоїв із підведенням енергоресурсів, питання швидкості приготування продуктів харчування стоїть особливо гостро.

Тривалість приготування каші істотно зменшувалась за збільшення тривалості пропарювання зерна пшениці полби перед плющенням (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Тривалість приготування каші залежно від параметрів водо теплового оброблення, с

Т _п , с	Т _в , с	Вологість перед плющенням, %				
		12	16	20	24	28
120	120	1383±5	1381±4	1384±6	1360±5	1361±6
960	120	1104±5	1110±6	1111±3	1094±8	1094±9
1800	120	789±8	799±5	810±7	782±6	787±7
2640	120	463±5	475±5	477±6	451±8	453±5
3480	120	102±4	120±10	129±8	100±7	107±2
120	1860	1379±4	1381±3	1379±3	1362±3	1361±6
960	1860	1107±11	1113±5	1110±4	1095±6	1095±4
1800	1860	800±8	797±10	805±9	780±10	782±8
2640	1860	461±10	462±9	474±7	449±7	451±6
3480	1860	117±8	112±9	119±4	96±8	95±6
120	3600	1380±5	1382±7	1387±4	1360±5	1362±5
960	3600	1110±3	1111±4	1110±4	1094±8	1085±6
1800	3600	792±6	792±3	799±7	782±16	775±3

Т _п , с	Т _в , с	Вологість перед плющенням, %				
		12	16	20	24	28
2640	3600	466±5	467±6	471±10	452±10	448±6
3480	3600	116±14	116±7	122±8	103±9	98±11
120	5340	1360±5	1361±5	1362±5	1343±5	1343±9
960	5340	1094±6	1089±6	1088±8	1074±5	1076±10
1800	5340	781±14	784±6	778±7	759±6	756±5
2640	5340	455±13	445±9	446±11	429±9	426±7
3480	5340	98±16	97±8	95±14	78±14 ***	77±3
120	7080	1360±8	1369±1	1368±2	1342±4	1345±7
960	7080	1094±5	1089±3	1094±10	1073±8	1076±4
1800	7080	780±10	784±9	781±6	758±9	762±4
2640	7080	457±13	455±12	449±7	428±9	428±11
3480	7080	113±9	105±14	96±12	76±7	61±10

Тривалість приготування мала сильні кореляційні залежності із тривалістю пропарювання (рис. 3.5). Енергоємність процесу визначали за фактичними витратами енергії на формування пари, що відповідало програмі досліджень. Тому збільшення тривалості пропарювання прямо пропорційно впливало на енергоємність технологічного процесу водо теплового оброблення.

Між параметрами тривалості відволожування та вологості продукту перед плющенням достовірних кореляційних залежностей виявлено не було.

Важливим для сучасного споживача, окрім зовнішнього вигляду продукту та його характеристик є кулінарна якість готового продукту. Серед круп'яних продуктів важливими показниками кулінарної якості є : запах і смак, консистенція, колір тощо. Після проведення кулінарного оцінювання готового продукту встановлено його високу кулінарну якість, що становила 6,8 балів із 9.

Відсутність максимального рівня якості була зумовлена низькими показниками консистенції каші, що пояснюється високим вмістом оболонки у готовому продукті, а отже і клітковини, що характеризується жорсткою

структурою та істотно не змінює фізичні властивості у результаті проведеного термічного оброблення та подальшого приготування готового продукту.

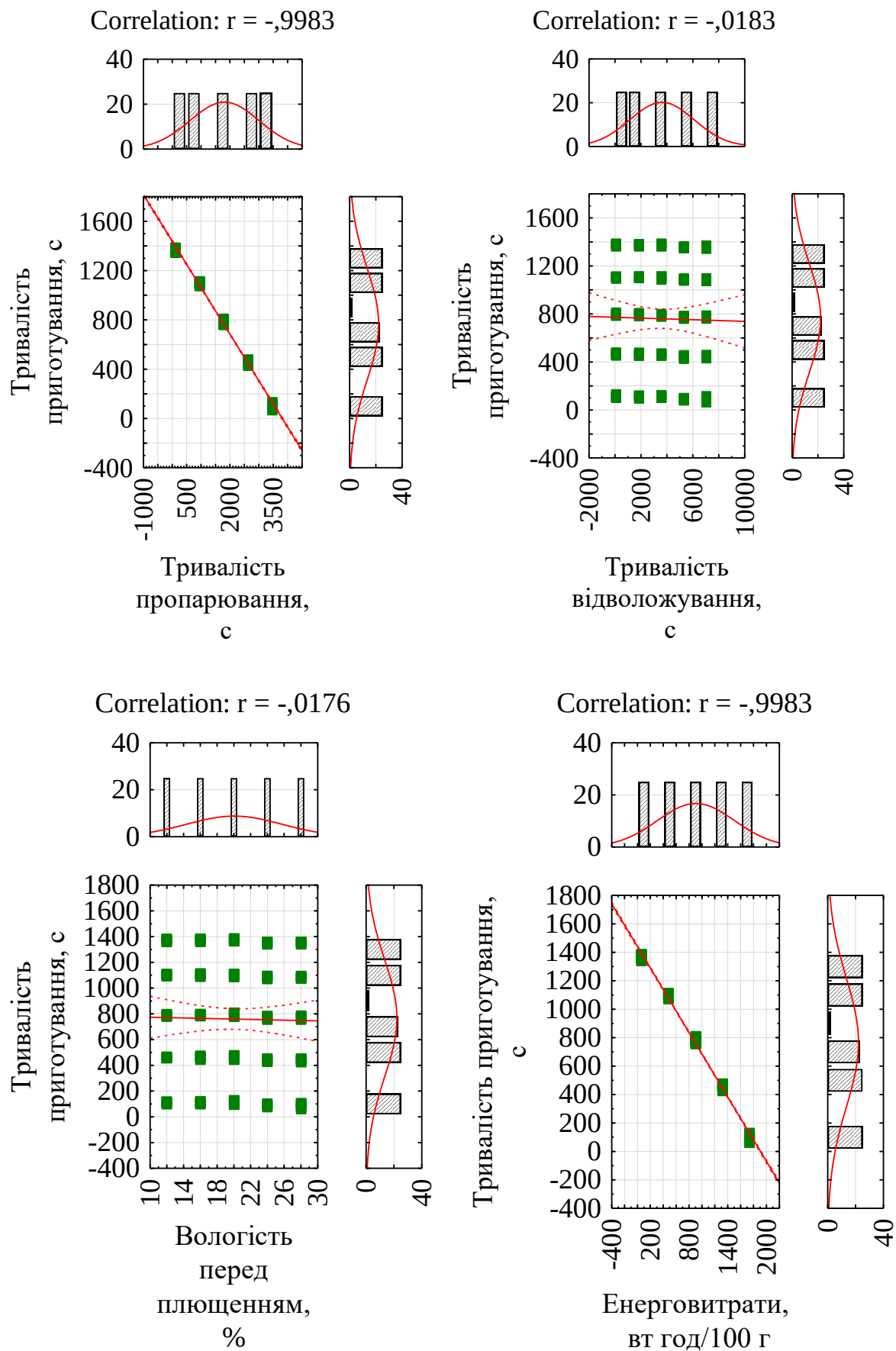


Рис. 3.5. Кореляційні залежності між параметрами ВТО та тривалістю
приготування готового продукту

Regr. Coefficients; Var.:Тривалість приготування, с; R-sqr=,99967; Adj:,99965 (Стат in
Статистика) 6 factors, 1 Blocks, 125 Runs; MS Residual=71,4449

Таблиця 3.4.

**Результати регресійного аналізу функції тривалості приготування крупи
залежно від параметрів водотеплового оброблення**

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(118)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	1399,735	10,98492	127,423	0,000000	1377,982	1421,488
(1)Триваліс ть пропарюва ння, с(L)	-0,312	0,00239	-130,345	0,000000	-0,316	-0,307
Тривалість пропарюва ння, с(Q)	-0,000	0,00000	-28,513	0,000000	-0,000	-0,000
(2)Триваліс ть відволожув ання, с(L)	-0,001	0,00112	-1,206	0,230389	-0,004	0,001
Тривалість відволожув ання, с(Q)	-0,000	0,00000	-1,862	0,065038	-0,000	0,000
(3)Вологіст ь перед плющенням , %(L)	3,402	1,13739	2,991	0,003381	1,150	5,655
Вологість перед	-0,120	0,02824	-4,248	0,000043	-0,176	-0,064

плющенням , %(Q)						
---------------------	--	--	--	--	--	--

Методом підбору встановлена математична модель, що найбільш точно описує залежність між параметрами оброблення зерна пшениці полби та тривалістю її подальшого приготування. Математична модель є нелінійною та описана поліномом другого порядку. За результатами статистичного оброблення математичної залежності (табл. 3.4) доведена вагомість факторів, що підтверджує діаграма Паретто відповідної залежності (рис. 3.6.).

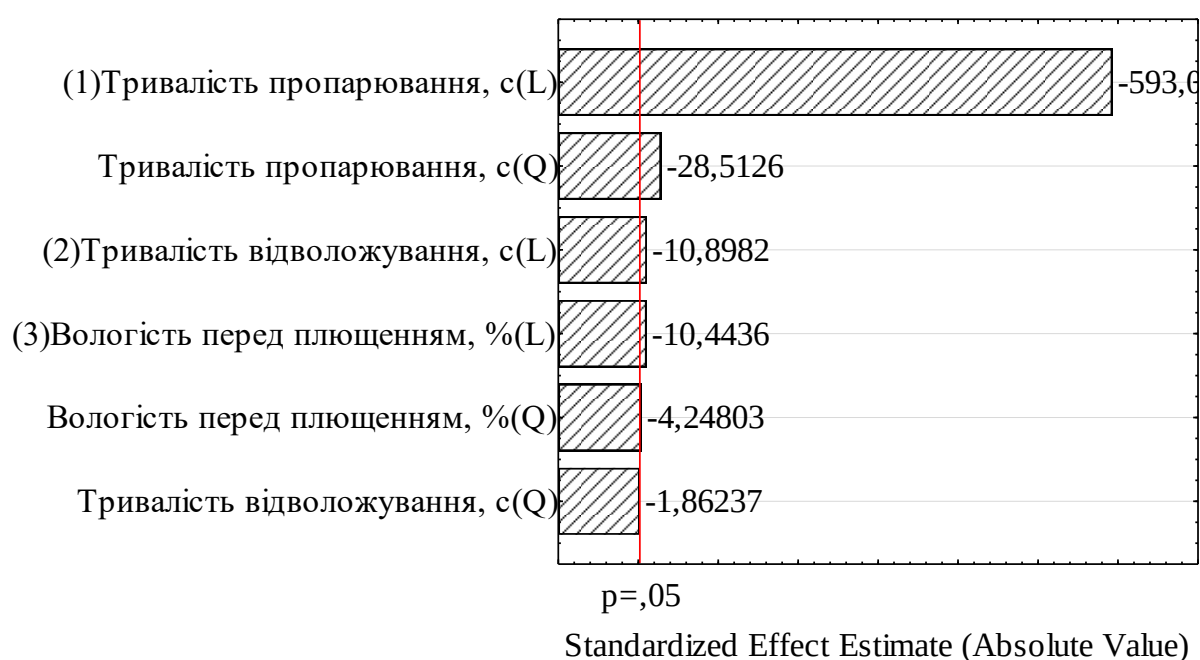
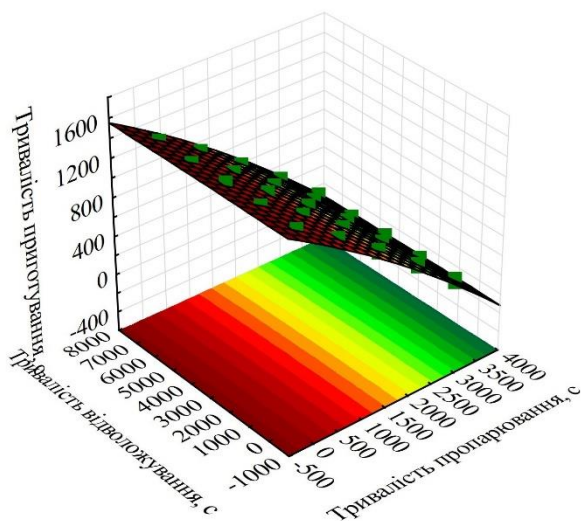


Рис. 3.6. Діаграма Паретто залежності тривалості приготування крупи від параметрів водо теплового оброблення зерна пшениці полби перед плющенням

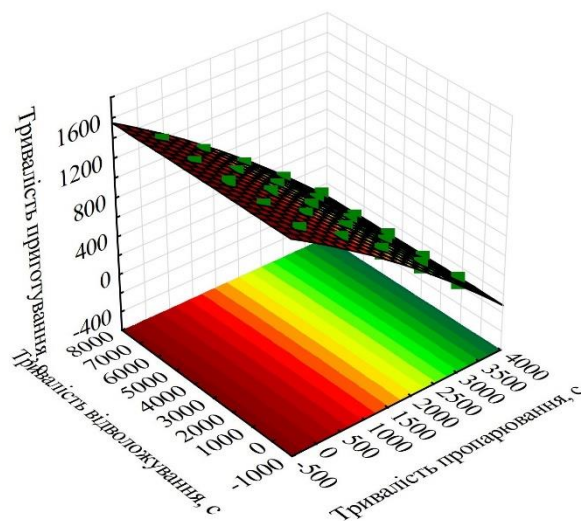
Найбільший вплив на тривалість приготування зумовлювала тривалість попереднього пропарювання зерна пшениці полби перед плющенням. Збільшення тривалості пропарювання достовірно зменшувало тривалість подальшого приготування готового продукту. Меншою мірою, проте достовірно збільшення тривалості відволожування зумовлювало зменшення тривалості приготування готового продукту. Найменший достовірний вплив на тривалість приготування готового продукту зумовлювала вологість крупи перед плющенням.

Отже, за результатами проведеного статистичного оброблення достовірним є вплив параметрів водотеплового оброблення на тривалість приготування готового продукту. Можна зробити припущення, що вказані параметри водотеплового оброблення зумовлюють незворотні фізико-хімічні зміни у отриманому круп'яному продукті, що має позитивний вплив на тривалість його подальшого приготування.

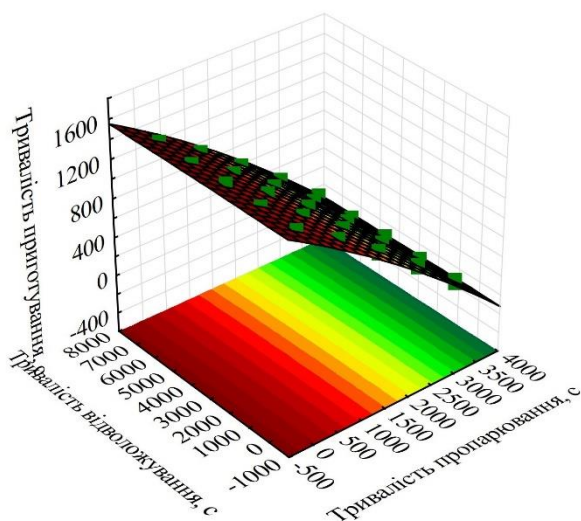
Графічне зображення тривалості приготування крупи залежно від параметрів її виробництва наведено на рис. 3.8.



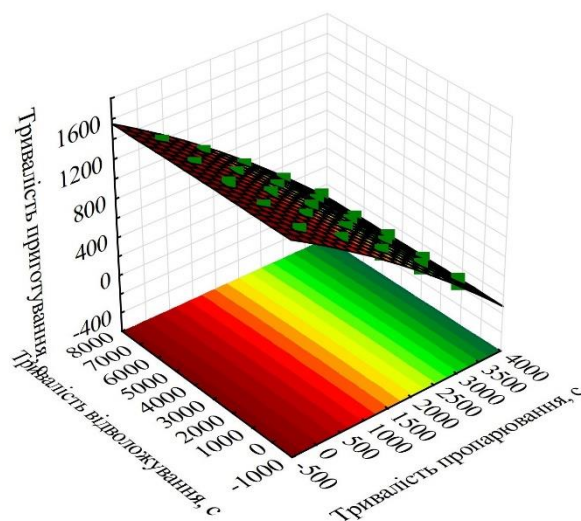
а



б



в



г

Рис. 3.7. Графічне зображення тривалості приготування готового продукту із крупи залежно від параметрів пропарювання та тривалості відволожування: а – вологість перед плющенням 12 %; б – вологість перед плющенням 16 %; в – вологість перед плющенням 20 %; г – вологість перед плющенням 24 %

3.3. Обґрунтування раціональних режимів перероблення пшениці полби на крупу плющену

Важливим індикатором раціонального ведення технологічного процесу є його енергоефективність. Особливо гостро питання енергоефективності стоїть нині в умовах кризи енергоносіїв [51]. Таке значення енергоефективності зумовлено значною часткою таких ресурсів у показнику собівартості готового продукту. Однак, незважаючи на істотне дорожчання основних енергетичних носіїв, головним складником собівартості продуктів харчування є сировина [52].

Для оцінювання рівня енерговитрат було пораховано потенційні додаткові витрати на проведення гарячого кондиціювання. Під час розрахунків не було враховано витрати на проведення процесу сушіння.

Енерговитрати E (Вт год/100 г готового продукту) визначали у залежності від тривалості пропарювання із врахуванням характеристик лабораторного устаткування, використаного під час експерименту:

$$E = \frac{1800 T_{\text{п}}}{3600} \quad (3.1)$$

де $T_{\text{п}}$ – тривалість пропарювання, с.

Для зручності практичного застосування значення потенційних енерговитрат були перераховані на вартість пропарювання 1 кг готового продукту E_{1000} та 100 г готового продукту E_{100} . Слід зазначити, що отримані результати стосуються виключно апарату, застосованого під час проведення дослідження в лабораторних умовах. Промислові зразки можуть відрізнятись за продуктивністю та ефективністю роботи, що може корегувати вартість залучених енергоносіїв по

відношенню до готового продукту. Малоімовірним є збільшення зазначених значень вартості оброблення в промислових умовах.

$$E_{1000} = \frac{1,68 E}{100} \quad (3.2)$$

$$E_{100} = \frac{E_{1000}}{10} \quad (3.3)$$

Результати розрахунків виражені у цінах 2022 року наведено у таблиці БЗ (Додаток Б) та використано під час оптимізації процесу виробництва круп'яних продуктів.

Оптимізацію процесу здійснювали за використання спеціалізованого програмного забезпечення шляхом розрахунку функції бажаності (рис. 3.8).

Головними критеріями під час формування функції бажаності були мінімальні витрати, максимальний вихід та мінімальна тривалість приготування готового продукту. Враховуючи обернені залежності між вказаними критеріями оптимізації, отримати високий показник функції бажаності не є можливим. Найкращий результат (0,52) зафіксовано за тривалості пропарювання 1240 с (20 хв). За вказаної тривалості пропарювання можливо отримати високий вихід готового продукту (96 %) за мінімально можливих витрат (1 грн на 100 гр готового продукту), що характеризується мінімально можливою тривалістю приготування – 980 с (16 хв).

Слід зазначити, що незважаючи на проведені процеси, пов'язані із мінімізацією тривалості приготування готового продукту було отримано відносно задовільний результат. Отриманий круп'яний продукт не є таким, що не потребує варіння. Така особливість пов'язана із використанням лущеного (індекс лущення 4-6%) зерна пшениці полби. Отриманий продукт, що містить значну кількість харчових волокон, та оброблений за вказаною методикою потребує додаткового термічного оброблення, проте тривалість такого оброблення є значно меншою, порівняно із тривалістю приготування крупи цілої нелущеної (цільнозернової). Отримання круп'яних продуктів методом здрібнювання частково вирішує проблему тривалості приготування, проте такі продукти відрізняються від крупів

плющених за кулінарними властивостями й також потребують додаткового термічного оброблення.

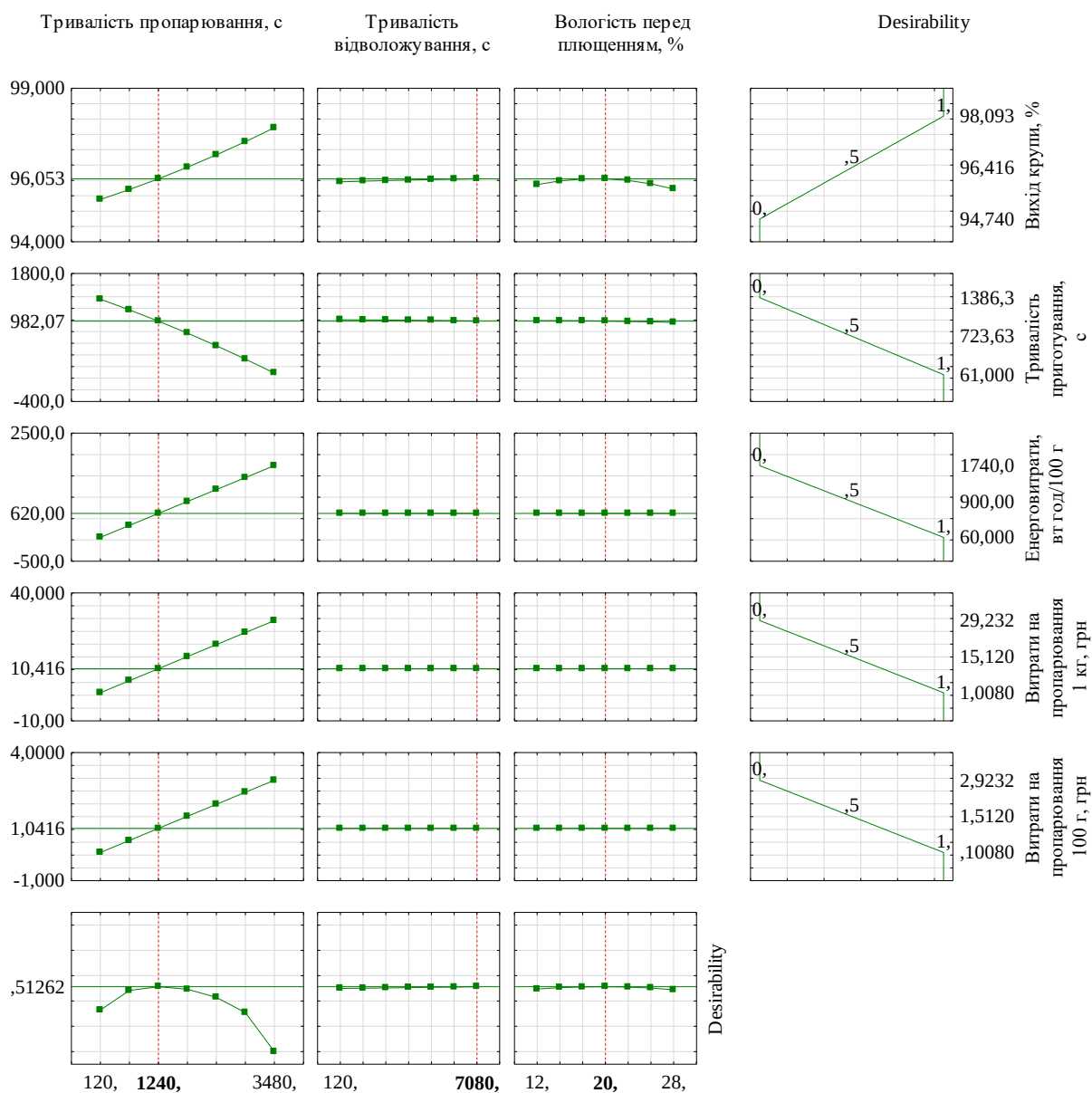


Рис. 3.8. Функція бажаності

Як видно із узагальненої функції бажаності, чинники відволожування та вологості крупи перед лущенням має неістотний вплив на загальний показник. Тому встановлення параметрів відповідних режимів доцільно проводити в умовах конкретного підприємства харчової промисловості відповідно до його характеристики.

Отже, крупу плющену із зерна пшениці полби доцільно отримувати методом пропарювання та плющення. Достовірний вплив на основні параметри круп'яного виробництва (вихід крупи та тривалість приготування готового продукту) зумовлює тривалість пропарювання зерна перед плющенням. Інші параметри водотеплового оброблення частково впливають на вказані критерії, проте його сила значно менша параметру тривалості пропарювання зерна. Отримані результати мають практичне значення та рекомендовані до застосування на виробництвах різної продуктивності.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Дотримання вимог чинного законодавства під час провадження виробничої діяльності є обов'язком підприємств харчової промисловості. Порухення вимог, що регламентують роботу переробного підприємства супроводжується ризиками, що мають негативний вплив на функціонування підприємства. Не є виключенням вимоги що до заходів із охорони праці.

Підприємства харчової промисловості, зокрема зернопереробної, характеризуються наявними технологічними процесами, що є потенційно небезпечними для життя та здоров'я працівників. Такі процеси супроводжуються виділенням надлишкової теплоти, вібрації, шуму та здатні істотно погіршувати мікроклімат виробничого приміщення. Заходи із охорони праці спрямовані на мінімізацію негативної дії факторів виробничого середовища на організм працівників.

4.1 Організація умов охорони праці на робочому місці

Дослідження умов організації охорони праці здійснювали на філії Кам'янець-Подільська ТОВ СП «Нібулон» (Хмельницька обл., Кам'янець-Подільський р-н, с. Привороття). Філія відповідає за приймання, оцінювання якості, дороблення, зберігання та відвантажування зерна олійних та злакових культур. Забезпечення оцінювання якості зернових відбувається функціонуванням виробничої лабораторії. Лабораторія побудована разом із підприємством та реорганізована у 2018 році. Суть реорганізації полягала у встановленні новітнього лабораторного устаткуванням у відповідності до стратегії розвитку підприємства.

Аналіз стану виробничого середовища наведено у Додатку В. В цілому ключові параметри, що регламентовано чинними нормативними актами не перевищують встановлені норми, проте було виявлено ряд недоліків, про що

зазначено у відомості. Так, було встановлено недотримання вимог що до мікроклімату приміщення і холодну та теплу пори року. У холодну пору року, швидкість руху повітря перевищувала встановлений норматив на 0,3 м/с. Особливість регіону, де розміщено підприємство пов'язано із природньою підвищеною вологістю. Тому під час аналізу виробничого середовища було встановлено невідповідність показників відносної вологості повітря у теплу пору на 12 % а у холодну пору на 4 %. Також негативним явищем під час аналізу виробничого середовища є недотримання чинних вимог щодо температур приміщення. У холодну пору року температура приміщення лабораторії була на 2-4 С меншою за встановлено відповідною нормою, а у теплий період року перевищувала її на 2-3 С.

Окрім мікроклімату приміщення зафіксовано перевищення встановлення рівня шуму у час заготівлі на 10 ДБл. Така особливість пов'язана із відсутністю кліматичного обладнання у приміщенні та необхідності вентилявання приміщення за рахунок природньої вентиляції.

Позитивним є відсутність надмірного запилення повітря робочого приміщення, або наявності інших шкідливих чинників, пов'язаних із надлишковим вмістом речовин хімічного походження. Такий результат досягнуто ефективним функціонування витяжних систем.

Отже, аналіз стану робочого місця та умов дотримання нормативних документів із питань охорони праці, вимагає розроблення та впровадження корегувальних заходів.

4.2 Розроблення заходів з охорони праці

Ключові недоліки, виявлені під час аналізу виробничого середовища були пов'язані із нормалізацією станом повітря робочої зони. Для встановлення умов виробничого приміщенні у відповідності до чинних норм запропоновано провести нормалізацію повітря робочої зони, зокрема налагодження та модернізації системи

вентилювання повітря із здатністю його кондиціювання. Запропоновані рішення повною мірою вирішують поставлені завдання із розроблення заходів із охорони праці.

4.3 Моделювання небезпечних ситуацій

Наявність порушень нормативів, що регулюють питання з охорони праці, із високою ймовірністю можуть спричинити небезпечні ситуації, пов'язані із травмуванням працівників:

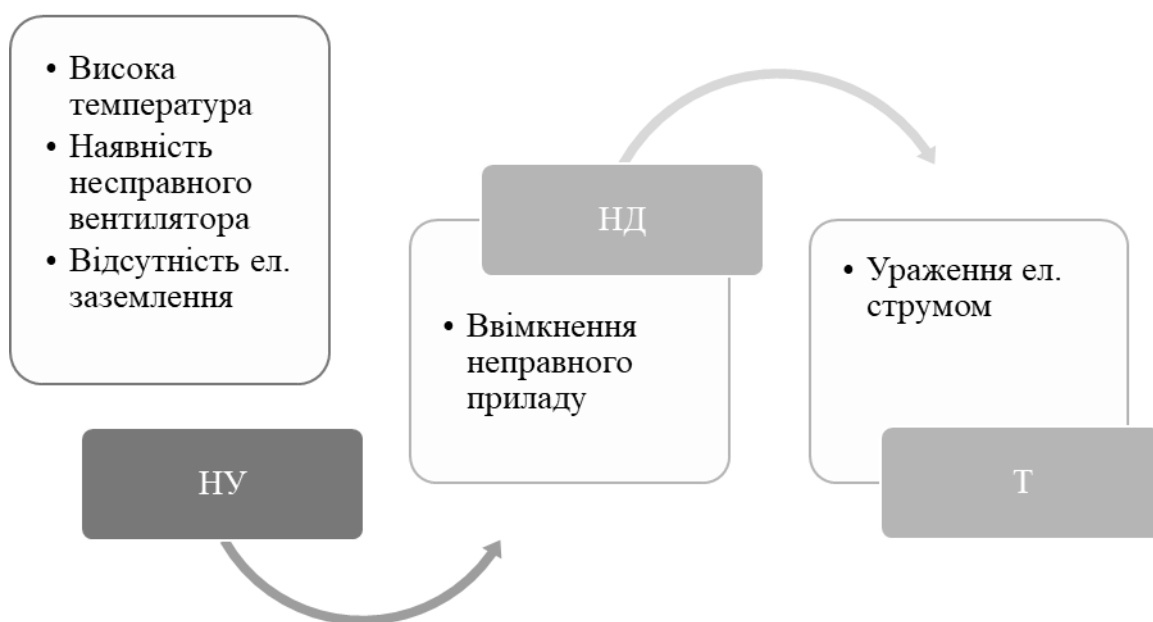


Рис. 4.1. Моделювання небезпечної ситуації

4.4. Висновки

У результаті проведення дослідження із питань охорони праці в умовах діючого підприємства проведено аналіз дотримання вимог нормативних документів та встановлено ряд невідповідностей. За результатами роботи розроблено та впроваджено заходи із охорони праці та приведено у відповідність стан виробничого середовища вимогам нормативних документів.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Оскільки значна частка технологічних властивостей зерна пшениці полби наближається або є подібною до зерна пшениці м'якої, є можливість використовувати прийняті режими та технологічні рішення, що нині вже впроваджені в промисловості. Типова схема виробництва крупів наведена на рис. 5.1.



Рис. 5.1 Удосконалена схема виробництва крупів із зерна пшениці полби

Під час перероблення пшениці полби рекомендовано використовувати традиційні режими очищення, що рекомендовані для пшениці м'якої. Зокрема стосується режимів налаштування зерноочисного устаткування.

Суть удосконалення технології полягає в застосуванні науково обґрунтованих режимів водо теплового оброблення пшениці спелти. Запропонована технологія є гнучкою, що дозволяє отримувати крупи плющені як із цілого зерна так і після додаткового лушення. За результатами дослідження рекомендовано проводити лушення із зняттям не менше 8-9 % поверхневих шарів. У такому випадку продукт матиме високі кулінарні властивості.

Пропарювання здійснювати за атмосферних умов впродовж 15-20 хв, що забезпечить достатній рівень клейстеризації крохмалю. Показник клейстеризації є досить важливим у технології виробництва крупів плющених, що прямо корелює із виходом крупи. За низького рівня клейсеризації при подальшому процесі плющення утворюються крихкі пластівці, що зменшує загальний добуток готового продукту.

Відволожування слід проводити впродовж 5-10 хв. За час відволожування інтенсифікується рівномірний розподіл теплової енергії та вологи у всіх частинах зернівки, що підвищує рівень клейстеризації крохмалю.

Після відволожування використовують сушіння зерна в потоці. Це дозволяє зменшити кількість злипих зерен після плющення. Злиплі зерна відносять до відходів круп'яного виробництва, що зменшує загальний вихід крупи.

Для плющення рекомендовано використовувати плющильний верстат із рифленими або гладенькими вальцями. Необхідною умовою отримання високих показників виробництва необхідно забезпечити робочий зазор між вальцями не менше 1 мм. Зменшення зазору позитивно впливає на показник клейстиризації та загальний добуток продуктів високої якості.

Наступні технологічні процеси та режими є типовими для загальноприйнятої технології.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Удосконалена у роботі технологія виробництва крупів плющених із цільнозернового матеріалу оцінена з точки зору економічної ефективності (Додаток Г). Для цього змодельовано стратегію функціонування підприємства за умови будівництва нового цеху із перероблення пшениці полбі продуктивністю 5 т/добу. Вказана продуктивність зумовлена актуальним станом виробництва відповідної продукції та проблемами логістики нового виду продукції на ринку.

Виробництво крупів плющених має типовий для галузі коефіцієнт рентабельності що становить 15,6 % (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники ефективності будівництва підприємства

Показник	Розмірна одиниця	Значення
Прибуток від реалізації	тис. грн/рік	8329,12
Рівень рентабельності продукції	%	15,61
Витрати на 1 грн товарної продукції	-	0,87
Рівень продуктивності праці	т/чол	50,84
Показник фондівдачі	-	3,28
Чистий прибуток	тис. грн/рік	6663,296
Термін окупності	днів	949
Термін окупності	рік; місяць	2 р. -7 міс.

Враховуючи актуальні ціни на технологічне устаткування, а також необхідність до його закупівлі, термін окупності капіталовкладень становить 2 роки і 7 місяців, що є середньостроковим терміном. Такий термін окупності зумовлено низькою продуктивністю лінії, необхідністю будівництва приміщення цеху, дорожчання послуг підрядних та субпідрядних організацій, ускладнена логістика промислових товарів, підвищення цін на енергоносії та ресурси.

Проте, незважаючи на вказані показники, запропонований проєкт є цінним для інвесторів, оскільки запропонована лініє відповідає сучасним умовам гнучкості та здатна виробляти широкий асортимент інших видів продукції, а термін окупності

основних капіталовкладень менший за термін граничного спрацювання основних фондів. Крім цього можливим є доукомплектування запропонованого варіанту цеху лінією фасування готового продукту у пакети 60-100 г для приготування однієї порції. У такому випадку можливим є збільшення відпускної ціни та прогнозовано підвищення рівня рентабельності виробництва та зменшення тривалості окупності основних фондів.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано технологічні властивості зерна пшениці полби, що вирощено в умовах науково-дослідної частини Уманського НУС. Встановлено, що технологічні властивості різних сортів зерна пшениці полби істотно відрізняються за технологічними властивостями. Найкращі показники якості зафіксовано у зерна пшениці полби сорту Голіковська, зокрема: натура зерна – 770 г/л; маса 1000 зерен – 35 г; склоподібність – 52 %; вміст білка – 15,8 %.

Пропарювання зерна пшениці перед плющенням має позитивний вплив на вихід крупи та тривалість її приготування. Тип зв'язку між тривалістю приготування та виходом крупи – сильний обернений. Тривалість відволожування та вологість крупи перед плющенням мають достовірний проте істотно менший рівень впливу на показники виходу крупи та тривалість її приготування. Режимми водотеплового оброблення не зумовлюють істотного впливу на показники кулінарної якості отриманого продукту, що становить не менше 8,4 бали за 9-ти бальною шкалою.

Рациональні режими отримання крупи із зерна пшениці полби плющеної за тривалості пропарювання 1240 с (20 хв). За вказаної тривалості пропарювання можливо отримати високий вихід готового продукту (96 %) за мінімально можливих витрат (1 грн на 100 гр готового продукту), що характеризується мінімально можливою тривалістю приготування – 980 с (16 хв).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Підприємствам, що вирощують сільськогосподарську продукцію, або проводять її перероблення на круп'яні продукти рекомендовано використовувати зерно пшениці полби як ефективний метод розширення асортименту готової продукції. Продукти перероблення зерна пшениці полби мають високу кулінарну якість та є потенційно конкурентоспроможними на сучасному ринку продуктів харчування.

Під час виробництва крупів плющених із зерна пшениці полби рекомендовано проводити пропарювання зерна впродовж 15-20 хв за використання пропарника, що працює за атмосферних умов з подальшим відволожуванням 5-10 хв. Вологість зерна після проведення водотеплового оброблення не має перевищувати 20 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Babenko, L.M., et al., *Triticum spelta: Origin, biological characteristics and perspectives for use in breeding and agriculture*. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 2018. **9**(2): p. 250-257.
2. Biel, W., et al., *Effects of genotype and weed control on the nutrient composition of winter spelt (*Triticum aestivum* ssp *spelta* L.) and common wheat (*Triticum aestivum* ssp *vulgare*)*. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 2016. **66**(1): p. 27-35.
3. Dubois, B., P. Bertin, and D. Mingeot, *Molecular diversity of alpha-gliadin expressed genes in genetically contrasted spelt (*Triticum aestivum* ssp *spelta*) accessions and comparison with bread wheat (*T. aestivum* ssp *aestivum*) and related diploid *Triticum* and *Aegilops* species*. Molecular Breeding, 2016. **36**(11).
4. Buzon-Duran, L., et al., *Antifungal Activity of Chitosan Oligomers-Amino Acid Conjugate Complexes against *Fusarium culmorum* in Spelt (*Triticum spelta* L.)*. Agronomy-Basel, 2020. **10**(9).
5. Chrpova, J., et al., *Resistance of Winter Spelt Wheat [*Triticum aestivum* subsp. *spelta* (L.) Thell.] to *Fusarium* Head Blight*. Frontiers in Plant Science, 2021. **12**.
6. Cwalina-Ambroziak, B., et al., *The Effect of Foliar Fertilization with Micronutrients on Disease Severity and Mycotoxin Concentrations in the Grain of Winter Spelt (*Triticum aestivum* spp. *spelta* L.): A Case Study*. Agronomy-Basel, 2021. **11**(4).
7. Dinkar, V., et al., *Molecular mapping of a new recessive wheat leaf rust resistance gene originating from *Triticum spelta**. Scientific Reports, 2020. **10**(1).
8. Jakobitsch, T., et al., *Food and farming beyond the Alpine lake zone: the archaeobotany of the Copper Age settlements of Lenzing-Burgstall and Ansfelden-Burgwiese in Upper Austria, and an early occurrence of *Triticum spelta* (spelt)*. Vegetation History and Archaeobotany, 2022. **31**(2): p. 123-136.

9. Koppel, R., P. Guertler, and H.U. Waiblinger, *Duplex droplet digital PCR (ddPCR) method for the quantification of common wheat (Triticum aestivum) in spelt (Triticum spelta)*. Food Control, 2021. **130**.
10. Kosakivska, I.V., et al., *Changes in hormonal status of winter wheat (Triticum aestivum L.) and spelt wheat (Triticum spelta L.) after heat stress and in recovery period*. Cereal Research Communications, 2021.
11. Dubois, B., et al., *Development of TaqMan probes targeting the four major celiac disease epitopes found in alpha-gliadin sequences of spelt (Triticum aestivum ssp spelta) and bread wheat (Triticum aestivum ssp aestivum)*. Plant Methods, 2017. **13**.
12. Feng, Y.M., et al., *Rich haplotypes of Viviparous-1 in Triticum aestivum subsp spelta with different abscisic acid sensitivities*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017. **97**(2): p. 497-504.
13. Goriewa-Duba, K., et al., *Chromosomal distribution of pTa-535, pTa-86, pTa-713, 35S rDNA repetitive sequences in interspecific hexaploid hybrids of common wheat (Triticum aestivum L.) and spelt (Triticum spelta L.)*. Plos One, 2018. **13**(2).
14. Kyriienko, A.V., et al., *In vitro plant regeneration from mature embryos of amphidiploid spelt Triticum spelta L.* In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 2021. **57**(6): p. 856-863.
15. Magistrali, A., et al., *Evaluating the effect of agronomic management practices on the performance of differing spelt (Triticum spelta) cultivars in contrasting environments*. Field Crops Research, 2020. **255**.
16. Mencin, M., et al., *Abiotic stress combinations improve the phenolics profiles and activities of extractable and bound antioxidants from germinated spelt (Triticum spelta L.) seeds*. Food Chemistry, 2021. **344**.
17. Kis, D., et al., *Energy Value of Agricultural Spelt Residue (Triticum Spelta L.) - Forgotten Cultures*. Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette, 2017. **24**: p. 369-373.
18. Kolankowska, E., et al., *Basic physical properties and contents of selected chemical compounds in spelt (Triticum spelta L.)*. Przemysl Chemiczny, 2018. **97**(5): p. 728-732.

19. Kozub, N.A., et al., *Genetic marking of glume color in Triticum spelta L. var. caeruleum using gliadins*. Cytology and Genetics, 2016. **50**(3): p. 168-172.
20. Mencin, M., et al., *Development and Optimisation of Solid-Phase Extraction of Extractable and Bound Phenolic Acids in Spelt (Triticum spelta L.) Seeds*. Antioxidants, 2021. **10**(7).
21. Novoselec, J., et al., *Slaughter Indicators, Carcass Measures, and Meat Quality of Lamb Fattened with Spelt (Triticum aestivum spp. Spelta L.)*. Foods, 2021. **10**(4).
22. Ratajczak, K., et al., *Growth and Photosynthetic Activity of Selected Spelt Varieties (Triticum aestivum ssp. spelta L.) Cultivated under Drought Conditions with Different Endophytic Core Microbiomes*. International Journal of Molecular Sciences, 2020. **21**(21).
23. Sommerfeld, V., et al., *Investigation on the variation of chemical composition and in vitro nutritive value of spelt (Triticum aestivum ssp. spelta) for ruminants*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2020. **104**(2): p. 470-482.
24. Liu, Y.J., et al., *Conferring resistance to pre-harvest sprouting in durum wheat by a QTL identified in Triticum spelta*. Euphytica, 2017. **213**(1).
25. Mencia, G., et al., *Occupational allergy to Triticum spelta flour*. Allergology International, 2018. **67**(1): p. 158-159.
26. Munoz-Insa, A., M. Gastl, and T. Becker, *Influence of Malting on the Protein Composition of Spelt (Triticum spelta L.) 'Frankenkorn'*. Cereal Chemistry, 2016. **93**(1): p. 1-9.
27. Petrenko, V., et al., *Evaluation of Three Wheat Species (Triticum Aestivum L., T. Spelta L., T. Dicoccum (Schrack) Schuebl) Commonly Used in Organic Cropping Systems, Considering Selected Parameters of Technological Quality*. Romanian Agricultural Research, 2018. **35**: p. 255-264.
28. Poltoretskyi, S., et al., *Toward the theory of origin and distribution history of Triticum spelta L.* Ukrainian Journal of Ecology, 2018. **8**(2): p. 263-268.
29. Pospisil, A., M. Pospisil, and M. Brcic, *Influence of Seeding Rate and Nitrogen Topdressing Upon the Agronomic Traits of Spelt (Triticum Spelta L.)*. Romanian Agricultural Research, 2016. **33**: p. 235-240.

30. Rajnincova, D., et al., *Comparison of nutritional and technological quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and hybrid wheat (*Triticum aestivum* L. x *Triticum spelta* L.)*. Journal of Central European Agriculture, 2018. **19**(2): p. 437-452.
31. Wang, J., et al., *Effect of irrigation, fertiliser type and variety on grain yield and nutritional quality of spelt wheat (*Triticum spelta*) grown under semi-arid conditions*. Food Chemistry, 2021. **358**.
32. Wang, J., et al., *Performance of Modern and Traditional Spelt Wheat (*Triticum spelta*) Varieties in Rain-Fed and Irrigated, Organic and Conventional Production Systems in a Semi-Arid Environment; Results from Exploratory Field Experiments in Crete, Greece*. Agronomy-Basel, 2021. **11**(5).
33. Wang, J., et al., *Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour - Results of a retail survey in the UK and Germany - 2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content*. Food Chemistry-X, 2020. **6**.
34. Wang, J., et al., *Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour - Results of a retail survey in the UK and Germany - 3. Pesticide residue content*. Food Chemistry-X, 2020. **7**.
35. Sichkar, S.M. and O.V. Dubrovna, *Inheritance of the traits of spike and grain color and morphometric parameters of the grain in F-1 and F-2 hybrids of *Triticum spelta* L. x *Triticum aestivum* L.* Cytology and Genetics, 2017. **51**(5): p. 339-345.
36. Skrajda-Brdak, M., et al., *Phenolic nutrient composition and grain morphology of winter spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp *spelta*) cultivated in Poland*. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 2018. **10**(3): p. 285-295.
37. Sobczyk, A., et al., *Comparison of fermentation strength of the flours obtained from the grain of old varieties and modern breeding lines of spelt (*Triticum aestivum* ssp *spelta*)*. Journal of Food Processing and Preservation, 2017. **41**(6).

38. Sobczyk, A., et al., *Evaluation of the rheological properties of dough and quality of bread made with the flour obtained from old cultivars and modern breeding lines of spelt (*Triticum aestivum* ssp *spelta*)*. Journal of Cereal Science, 2017. **77**: p. 35-41.
39. Su, W.H. and D.W. Sun, *Facilitated wavelength selection and model development for rapid determination of the purity of organic spelt (*Triticum spelta* L.) flour using spectral imaging*. Talanta, 2016. **155**: p. 347-357.
40. Wang, J., et al., *Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour; results of a retail survey in the UK and Germany-1. Mycotoxin content*. Food Chemistry, 2020. **327**.
41. Suchy, K., et al., *INFLUENCE OF HUSK ON GRAIN CONTAMINATION BY *Fusarium* spp. AND *Alternaria* spp. IN HULLED SPELT (*Triticum spelta* L.)*. Environmental Engineering and Management Journal, 2018. **17**(4): p. 885-895.
42. Ugrenovic, V., et al., *ANALYSIS OF SPELT VARIABILITY (*Triticum spelta* L.) GROWN IN DIFFERENT CONDITIONS OF SERBIA BY ORGANIC CONDITIONS*. Genetika-Belgrade, 2018. **50**(2): p. 635-646.
43. Mencin, M., et al., *Improving accessibility and bioactivity of raw, germinated and enzymatic-treated spelt (*Triticum spelta* L.) seed antioxidants by fermentation*. Food Chemistry, 2022. **394**.
44. Radzikowska, D., et al., *Analysis of Physiological Status in Response to Water Deficit of Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) Cultivars in Reference to Common Wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*)*. Agronomy-Basel, 2022. **12**(8).
45. Wiwart, M., et al., *Spelt (*Triticum spelta*) and Emmer (*T. dicoccon*) Chaff Used as a Renewable Source of Energy*. Bioresources, 2017. **12**(2): p. 3744-3750.
46. Wiwart, M., et al., *Quality Parameters and Rheological Dough Properties of 15 Spelt (*Triticum spelta* L.) Varieties Cultivated Today*. Cereal Chemistry, 2017. **94**(6): p. 1037-1044.
47. Zrckova, M., et al., *Biological Treatment of Hulled Wheat (*T. spelta* L.) Seed in Organic Farming*. Seed and Seedlings Xiii, 2017: p. 91-96.

48. Wang, R.M., et al., *CLONING AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF TWO NOVEL LMW-m TYPE GLUTENIN GENES FROM Triticum spelta L.* Genetika-Belgrade, 2021. **53**(1): p. 141-155.
49. Zorovski, P., et al., *IMPACT OF BIOFERTILIZERS ON VEGETATIVE GROWTH AND SOIL RESPIRATION IN Triticum spelta L. GROWN IN ORGANIC FARMING.* Scientific Papers-Series a-Agronomy, 2021. **64**(2): p. 358-368.
50. Consumi, M., et al., *Effect of Flaking and Precooking Procedures on Antioxidant Potential of Selected Ancient Cereal and Legume Flours.* Foods, 2022. **11**(11).
51. Zverina, O., et al., *Simultaneous determination of cadmium and iron in different kinds of cereal flakes using high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry.* Food Chemistry, 2019. **298**.
52. Choi, I., et al., *Development of a multilayer insect-repelling film with trans-anethole for the storage of almond flake cereal.* Journal of Food Science, 2022. **87**(7): p. 2869-2878.

