

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА
ПОЛІТЕХНІКА»

Дубініна А.А., Ленерт С.О., Зайцева В.М., Кукліна Т.С.,
Віндюк А.В.

**НОВІ ПРОДУКТИ ОЗДОРОВЧОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ З
ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ**

МОНОГРАФІЯ

ЗАПОРІЖЖЯ
2026

УДК 613.292:612.397.81
Н-73

*Рекомендовано до друку Вченою радою НУ «Запорізька політехніка»,
протокол № 1 від 28.08.2026 р*

Рецензенти:

Прісс Л. П.

– д.т.н., професор, завідувач кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Дейніченко Г.В.

– д.т.н., професор, професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державного біотехнологічного університету.

Н-73

Нові продукти оздоровчого призначення з холестеринзнижуючим ефектом : монографія / А. А. Дубініна, С. О. Ленерт, В. М. Зайцева, Т. С. Кукліна, А. В. Віндюк. - Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2026. - 134 с. : іл.

ISBN 978-617-529-560-1

В монографії розглянуто проблему утворення холестерину в організмі людини та шляхи її вирішення, проаналізовано компонентний склад рослинної сировини, що має холестеринзнижуючий ефект, розглянуто шляхи використання зернових висівок, жмиху олійних культур та борошна з ячменю у виробництві продуктів з оздоровчого призначення. Досліджено якість рослинної сировини, визначено якісний та кількісний склад стероїдного комплексу, вміст β-глюканів, надано рекомендації щодо відбору сировини для виробництва продуктів з холестеринзнижуючим ефектом. Розроблено рецептурний склад продуктів оздоровчого призначення з додаванням зернової сировини, проведено оцінку їх якості, визначено зміни під час зберігання.

УДК 613.292:612.397.81

ISBN 978-617-529-560-1

© Дубініна А.А., Ленерт С.О.,
Зайцева В.М., Кукліна Т.С.,
Віндюк А.В., 2026

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТОВАРОЗНАВЧА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ З ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ	8
1.1. Проблема підвищеного рівня холестерину в організмі людини та шляхи її вирішення	8
1.2. Характеристика компонентів рослинної сировини з холестеринознижуючою дією	11
1.3. Висівки зернових, жмих олійних культур та ячмінне борошно – джерело компонентів з гіпохолестеринемічною дією	25
1.4. Шляхи використання зернових висівок, жмиху олійних культур та борошна з ячменю у виробництві продуктів оздоровчого призначення	32
Висновки до розділу	35
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
2.1. Предмет та об’єкти дослідження	41
2.2. Характеристика методів дослідження	42
2.3. Методи математико-статистичного аналізу даних	45
2.3.1. Метод кластерного аналізу при розподілі ботанічних сортів на функціонально подібні групи	45
2.3.2. Методи математичного моделювання	48
РОЗДІЛ 3. ТОВАРОЗНАВЧА ОЦІНКА ЯКОСТІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА РОЗРОБКА КРИТЕРІЇВ ЇЇ ВІДБОРУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ З ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ	52
3.1. Оцінка якості рослинної сировини (висівок, жмиху, борошна)	52
3.2. Дослідження вмісту компонентів рослинної сировини з холестеринознижуючою дією	64
3.2.1. Дослідження якісного та кількісного складу стероїдного комплексу зернових висівок та жмиху олійних культур	64

3.2.2. Дослідження якісного та кількісного складу стероїдного комплексу борошна з ячменю різних сортів	66
3.2.3. Дослідження вмісту β -глюканів у ячмінному борошні	68
3.3. Розробка рекомендацій щодо відбору рослинної сировини для виробництва харчових продуктів з холестеринознижуючим ефектом	69
Висновки до розділу	72
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ З ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	75
4.1. Використання системного підходу до вирішення проблеми дефіциту фітостеролів	75
4.2. Формування якості сиркових десертів з гіпохолестеринемічною дією	79
4.2.1. Обґрунтування рецептурного складу сиркових десертів з додаванням зернової сировини	79
4.2.2. Математичне моделювання рецептурного складу розроблених сиркових виробів	85
4.2.3. Оцінка якості сиркових виробів з використанням просяних висівок та ячмінного борошна	89
4.2.4. Зміна показників якості нових сиркових виробів в процесі зберігання	91
4.3. Формування якості кондитерських виробів з гіпохолестеринемічною дією	95
4.3.1. Теоретичне обґрунтування компонентного складу печива на основі ячмінного борошна	95
4.3.2. Розробка рецептурного складу здобного печива на основі ячмінного борошна	98
4.3.3. Оцінка якості, харчової та енергетичної цінності нових видів печива	102
4.3.4. Профільно-дескрипторний аналіз розробленого печива	108
Висновки до розділу	112
 ВИСНОВКИ	 116
 ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	 118

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДСТУ – Державний стандарт України
ГОСТ – Госстандарт
ТУ – технічні умови
НД – нормативна документація
УААН – Українська академія аграрних наук
ХДУХТ – Харківський державний університет харчування та торгівлі
БАР – біологічно активні речовини
БАД – біологічно активна добавка
БЦ – біологічна цінність

ВСТУП

Здоров'я населення є ключовою суспільною цінністю та важливою передумовою розвитку й соціально-економічного добробуту держави. У межах виконання положень Угоди «Україна–ЄС» і реалізації стратегії сталого розвитку «Україна–2020» особлива увага приділяється гармонізації законодавства з європейськими стандартами, насамперед у сферах охорони здоров'я, захисту життя громадян, а також гарантування безпечності та якості харчових продуктів.

Стан здоров'я населення України, сформований під впливом суспільних процесів на рубежі століть, характеризується високими показниками смертності, особливо серед людей працездатного віку, значним рівнем захворюваності та інвалідності, а також скороченням середньої тривалості життя. Найбільш серйозною проблемою залишаються хвороби системи кровообігу, рівень смертності від яких у 2 рази перевищує середньоєвропейські показники, а в окремих країнах – у 3,5 рази.

Аналіз харчування населення України свідчить про його незбалансованість: понад половина громадян споживає неякісні продукти. У чверті обстежених виявляється дефіцит важливих мікронутрієнтів, зокрема заліза, вітамінів А, С, групи В (особливо В9), токоферолів, каротину, кальцію, селену, фтору, харчових волокон та інших біологічно активних речовин.

Перспективним напрямом розвитку харчової промисловості є виробництво функціональних продуктів на основі рослинної сировини. Завдяки відносно низькій вартості такі продукти є доступними для широких верств населення, відповідають традиціям харчування та здатні компенсувати нестачу біологічно активних компонентів у раціоні, підвищуючи стійкість організму до негативних чинників довкілля.

Дослідження вітчизняних і зарубіжних науковців підтверджують, що використання рослинних інгредієнтів – зокрема овочевих, плодово-ягідних і злакових добавок, а також рослинних жирів – сприяє розширенню асортименту сучасних харчових продуктів, збагачених корисними сполуками з функціональними властивостями.

На сучасних підприємствах із переробки рослинної

сировини під час виготовлення кінцевої продукції втрачається значна частина біологічно активних речовин і харчових волокон. це суперечить глобальним тенденціям розвитку безвідходних технологій. тому актуальним завданням залишається створення таких технологій, які дозволять максимально зберігати природний потенціал рослинної сировини та трансформувати його в збалансований комплекс сполук, необхідних для щоденного енергетичного й біологічного забезпечення організму.

З огляду на постійне зростання рівня серцево-судинних захворювань серед населення України, особливого значення набуває розробка харчових продуктів із властивістю знижувати рівень холестерину. одним із перспективних підходів є використання рослинної сировини, багатой на компоненти з гіпохолестеринемічною дією.

На сучасному етапі розвитку харчової науки та технологій перспективними інгредієнтами для створення продуктів оздоровчого і лікувально-профілактичного призначення є зернові висівки, жмих олійних культур та ячмінне борошно. вони містять значну кількість речовин, здатних сприяти зниженню рівня холестерину.

Водночас аналіз наукових джерел показує, що потенціал цієї сировини у виробництві оздоровчих продуктів використовується недостатньо. у зв'язку з цим дослідження якості перспективних сортів рослинної сировини, адаптованих до умов вирощування в Україні, а також удосконалення споживчих характеристик продуктів на їх основі є актуальними та мають важливе практичне значення.

РОЗДІЛ 1

ТОВАРОЗНАВЧА ХАРАКТЕРИСТИКА

РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

З ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ

1.1. Проблема підвищеного рівня холестерину в організмі людини та шляхи її вирішення

Захворювання серцево-судинної системи є найпоширенішою причиною смерті в сучасному світі. В Україні смертність від цих хвороб займає перше місце і у 2-4 рази вища, ніж у країнах ЄС та світу. Тому, хвороби системи кровообігу в Україні є національною соціальною проблемою, для розв'язання якої необхідні державна підтримка, координація зусиль різних міністерств та органів виконавчої влади [1; 2].

Виникнення і розвиток серцево-судинних та судинно-мозкових захворювань тісно пов'язані з наявністю чинників ризику, основними серед яких є підвищений артеріальний тиск, порушений ліпідний обмін, надлишкова маса тіла, нездоровий спосіб життя, а також фактори оточуючого середовища. Відомо, що майже всі серцеві захворювання так чи інакше пов'язані з виникненням атеросклерозу, однією з причин розвитку якого є підвищений рівень холестерину у крові. Холестерин – це активний учасник майже всіх біохімічних процесів, з яких складається обмін речовин. Але це так званий «корисний» холестерин. А от «шкідливий» холестерин відомий тим, що відкладається на стінках кровоносних судин у вигляді бляшок, порушуючи кровообіг [3].

Атеросклероз – серйозне захворювання, яке може виникати з багатьох причин. Скорочений список містить: генетично успадковані особливості, порушення метаболічних процесів, вплив забруднень навколишнього середовища, брак фізичної активності, паління, вживання алкоголю, психоемоційні навантаження і стреси тощо.

На сьогодні науково доведено, що одним із основних факторів ризику захворювання коронарної артерії, яка являється головною причиною хронічних серцево-судинних патологій, є підвищений рівень холестерину в сироватці крові (гіперхолестеринемія). В сучасному світі проблема підвищеного

холестерину набуває глобальних масштабів. Згідно з показниками світової статистики 32% випадків ішемічної хвороби серця пов'язане з високим рівнем холестерину в крові. В цілому, підвищений гіперхолестеринемічний стан є причиною 2,6 млн. смертей, 29,7 млн. випадків непрацездатності. Малорухливий спосіб життя, незбалансоване харчування та шкідливі звички – основні причини, що сприяють утворенню ліпідних бляшок у сосудах, розвитку атеросклерозу, інфарктів, інсультів [4 – 6].

Холестерин – це жироподібна сполука, що входить до складу клітинних мембран і бере участь у синтезі статевих гормонів. Важливо зазначити, що як підвищений, так і знижений його рівень може негативно впливати на здоров'я, оскільки дефіцит цієї речовини також пов'язаний із розвитком певних захворювань. У крові холестерин транспортується у зв'язаному вигляді, і порушення його балансу часто призводить до патологій серцево-судинної системи. Крім того, він відіграє важливу роль у функціонуванні мозку, забезпечуючи його антиоксидантами, а також сприяє засвоєнню жирів за умови достатнього рівня [7].

Оптимальна концентрація холестерину є необхідною для нормального функціонування організму та гарного самопочуття. Водночас його підвищений вміст у крові становить небезпеку, оскільки сприяє утворенню атеросклеротичних бляшок на стінках судин. З часом це може призвести до їх звуження або повного перекриття, що підвищує ризик інфарктів та інсультів. Саме тому проблема зниження рівня холестерину є надзвичайно актуальною.

Холестерин є життєво необхідною речовиною для людини. Він надходить в організм не лише з їжею: близько 80% синтезується в організмі (печінкою, тонким кишечником, наднирковими залозами, а у жінок – також яєчниками), і лише приблизно 20% – з продуктами тваринного походження. Ця сполука бере участь у синтезі жовчних кислот, необхідних для травлення, вітаміну D, а також у формуванні клітинних мембран і жіночих статевих гормонів – естрогену та прогестерону.

Поняття «поганий» і «хороший» холестерин є умовними, оскільки в чистому вигляді він в організмі не існує. У поєднанні з білками та жирами він утворює ліпопротеїдні комплекси, які

поділяються на два основні типи: ліпопротеїди високої щільності (ЛПВЩ) та низької щільності (ЛПНЩ) [8].

ЛПВЩ сприяють виведенню надлишку холестерину з клітин і транспортують його до печінки, тоді як ЛПНЩ переносять його з печінки до тканин. Порушення співвідношення між цими видами ліпопротеїдів може призвести до розвитку атеросклерозу. Отже, важливішим є не просто зниження загального рівня холестерину, а підтримання правильного балансу між ЛПВЩ і ЛПНЩ. Надмірне зниження «шкідливого» холестерину може одночасно зменшити й рівень «корисного», що негативно вплине на функції організму.

Нормальним вважається рівень холестерину в крові в межах 3,6–5,2 ммоль/л. Підвищення цього показника класифікується як незначне (5,2–6,7 ммоль/л), помірне (6,7–7,8 ммоль/л) і важке (понад 7,8 ммоль/л). Для людей із цукровим діабетом, атеросклерозом, стенокардією, ішемічною хворобою серця, а також після інфаркту чи інсульту рекомендований рівень має бути нижчим за 4,5 ммоль/л, у зв'язку з чим їм призначається спеціальна гіполіпідемічна терапія.

Причини підвищення рівня холестерину у чоловіків і жінок можуть відрізнятися, однак найчастіше це пов'язано з нездоровим способом життя: надмірним споживанням жирної їжі та недостатньою фізичною активністю. Ситуацію також погіршують шкідливі звички, такі як куріння, вживання алкоголю та стреси. Додатковими факторами ризику є спадковість і вік. У середньому віці проблема частіше спостерігається у чоловіків, однак після настання менопаузи ризик зростає і у жінок [9].

Основою профілактики атеросклерозу є раціональний спосіб життя: режим праці та відпочинку, що зменшує ймовірність психічного перенапруження; виняток гіподинамії, заняття оздоровчою фізичною культурою; відмова від куріння і вживання спиртних напоїв. Достатньо важливим засобом зниження рівня холестерину в крові є правильно скорегований раціон харчування, який містить, перш за все, фрукти, овочі, зернові та бобові культури та має обмеження за вмістом тваринних жирів (масла, маргарину), цукру, вершків тощо. Велика кількість даних підтверджує, що правильне харчування є одним з найважливіших чинників у профілактиці атеросклерозу. Це відноситься як до

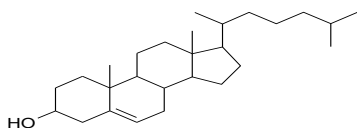
компонентів раціону, так і до вмісту в ньому окремих поживних речовин [10].

1.2. Характеристика компонентів рослинної сировини з холестеринознижуючою дією

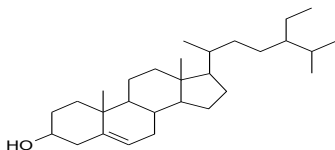
Для того, щоб призупинити відкладання холестерину в кровоносних судинах треба обмежити вживання продуктів, які містять багато холестерину та постійно включати до раціону харчування продукти, що знижують його рівень у крові. До таких продуктів належать, перш за все, рослини, які мають у своєму складі багато корисних компонентів (фітостеролів, харчових волокон, вітамінів,

β -глюкану тощо), що характеризуються холестеринознижуючою дією (рис. 1.1).

Фітостероли (рослинні стероли) – біоактивні жироподібні компоненти рослинної сировини. Відомо більше ніж 250 видів різноманітних фітостеролів та найрозповсюдженішими є β -ситостерол, кампестерол, сигмастерол, brassікастерол. За хімічною структурною формулою фітостероли дуже схожі на тваринний стерол – холестерин, вони мають стероїдну природу та відрізняються лише боковим ланцюгом (рис. 1.2) [11]. Як і холестерин, фітостероли синтезуються із скваленів, які належать до групи тритерпенових [12].



Холестерин



β – ситостерол

Рис. 1.2 – Структури β -ситостеролу та холестерину

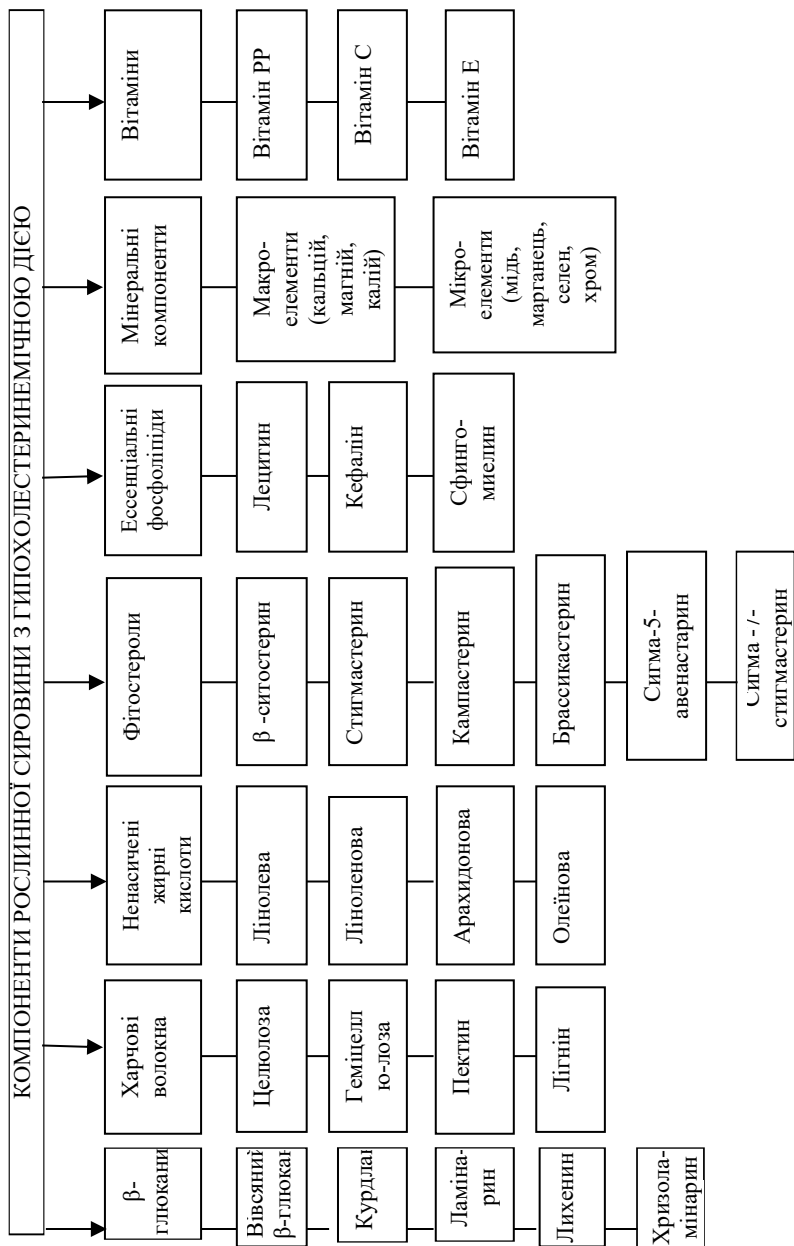


Рис. 1.1 – Компоненти рослинної сировини з гіпохолестеринемічною дією

За структурними та біосинтетичними властивостями фітостероли поділяються на 4-дезметилстероли (кампестерол, ситостерол), 4 α -моно-метилстероли (грамістерол) та 4, 4-діметилстероли (циклоартенол, 24-метиленициклоартанол) [13].

У продуктах рослинного походження превалюють 4-дезметилстероли та їх вміст складає до 85 % загальної кількості фітостеролів [14].

У рослинній сировині стероли містяться у вільній формі, у вигляді ефірів з жирними або фенольними кислотами, глікозидів (тобто зв'язаними з моносахаридами) або ацитильованих глікозидів фітостеролів. Кількісне співвідношення стерилглікозидів або етерифікованих стеролів до загальної кількості фітостеролів різне і залежить від виду, сорту і біологічного віку рослини та типу тканини. Вільні фітостероли, їхні ефіри та глікозиди містяться у мембранах клітини. Фітостероли в рослинах виконують у мембранах клітин схожі функції, що і холестерин у клітинах тварин, – відіграють важливу роль у формуванні структури мембран, легко зв'язуючись з фосфоліпідами та білками фосфоліпідного шару мембрани [15], а також беруть участь у процесах метаболізму та регуляції водопроникливості, еластичності клітини і її пристосування до зміни температури [16].

Фізіологічна дія фітостеролів на організм людини зумовлена антиканцерогенною, протираковою, протисклеротичною, протизапальною, антибактерицидною, противиразковою та антиоксидантною дією [17]. Епідеміологічні дослідження свідчать, що фітостероли можуть бути використані під час профілактики та лікуванні хвороб серця та судин [18; 19], діабету [20].

Головна біологічна дія фітостеролів – це їхня здатність знижувати рівень холестерину й сироваткових ліпідів у крові, тим самим сприяючи зниженню ризику виникнення серцево-судинних захворювань, гіперхолестеринемії та профілактики низки патологічних станів, пов'язаних з порушенням обміну ліпідів у організмі [21 – 23]. Причому встановлено, що холестеринзнижуючий ефект мають 4-дезметилфітостероли [24].

Сам механізм холестеринзнижуючого ефекту фітостеролів ще не досить повно досліджений. Доведено, що фітостероли

знижують всмоктуваність холестерину в кишечнику на 30...50 %. При утворенні міцел з жовчними кислотами фітостероли конкурують із холестерином. Саме тому ресорбція у кишковому епітелії міцел холестерину значно зменшується. Також завдяки своїй схожості структури холестерину, фітостероли легко включаються в біомембрани ентероцитів й блокують рецептори холестерину, знижуючи, тим самим, абсорбцію холестерину і поліпшуючи його виведення з організму [25;26].

Встановлено, що середнє статистичне вживання фітостеролів у їжу людиною складає 140...160 мг на добу [27; 28]. Холестеринзнижуючий ефект залежить від кількості вживання 4-дезметилфітостеролів за добу. Так, вживання фітостеролів у кількості 0,8...1 г на добу призводить до зниження ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ) – холестерину на 5 % [29; 30], а добова доза 1,5...3 г зменшує вміст холестерину на 10...16 % [31; 32]. За призначенням наукового комітету харчових продуктів (Scientific Committee on Food (SCF)) рекомендована максимальна добова доза фітостеролів складає 3 г [33]. Вживання в їжу більше 3 г фітостеролів на добу не надає результатів, а може, навпаки, призводити до небажаних ефектів – поганої абсорбції жиророзчинних вітамінів та каротиноїдів. Так, рівень α -каротину знижується на 10 %, β -каротину – на 12,1...25 % та вітаміну Е – на 8 % [34 – 36]. Проте взагалі фітостероли не токсичні для організму людини [37 – 39].

Вміст фітостеролів у харчових продуктах такий: овочі містять 5...40 мг/100 г [40], фрукти та ягоди 2...75 мг/100 г та насіння 22...714 мг/100 г [41]. Найбільше фітостеролів міститься в оліях – від 91 (кокосове масло) до 1390 (кукурудзяна олія) мг/100 г. Багаті фітостеролами також рафінована ріпакова олія, непрогріта лляна олія, олія з гарбузового насіння, сира олія амаранту, соняшникова, соєва, олія зародків пшениці, олія коріандру [42 – 44]. Зернові продукти містять фітостеролів від 58 (вівсяне зерно) до 1325 (рисові висівки) мг/100 г; а також джерелами фітостеролів є рис, жито, пшениця, овес, ячмінь [45 – 48]. Рисові висівки містять гамма-орізанол, який є хорошим антиоксидантом і має стероїдно-подібну дію, тим самим надаючи сприятливий вплив на активне формування м'язової тканини.

Багато енергетичних добавок та добавок для нарощування м'язової маси містять рисові висівки або гамма-орізанол, виділений з них.

На думку дієтологів, основна користь від кукурудзяних висівок в наявності великого відсотка клітковини. Також кардіологи вважають, що, за їх допомогою можна мінімізувати і судинні патології. Це можливо завдяки тому, що вміст корисних жирів в висівках допомагає виведенню холестерину, перешкоджає оклюзії і закупорці кровоносних судин.

У лісових горіхах міститься фітостеролів найменше – 54...121 мг/ 100 г та найбільше у фісташках – 279...297 мг/100 г. Також багаті ними бразильські, волоські горіхи, арахіс, кеш'ю та мигдаль [49]. Брюссельська капуста є джерелом фітостеролів (44 мг/ 100 г). Багаті на фітостероли також брокколі, цвітна капуста, оливки, соя, морква, авокадо, апельсини, яблука [50 – 53].

Ячмінь володіє унікальними гіпохолестеринемічними властивостями завдяки вмісту стратегічно важливих для здоров'я людини біологічно цінних нутрієнтів, які приймають участь у важливих процесах вуглеводного і жирового обміну. А саме, ячмінь має високий вміст фітостеролів – від 820 до 2349 мг/кг (у 100 г міститься 280,9% добової норми), у складі яких переважають β -ситостерол (відповідно – 300,0% добової норми), кампестерол (41,1%) і стигмастерол (42,9%), що зближує ячмінь з житом і відрізняє його від інших злакових культур, в стерольному складі яких істотно домінує β -ситостерол, а вміст інших фітостеролів вкрай малий.

Встановлено, що після термічної обробки загальна кількість стеролів у овочевій сировині збільшується за рахунок вільних фітостеролів, які утворюються після розривів ефірних та глікозидних зв'язків під дією високої температури. Тобто їхня біологічно активна дія збільшується [54; 55].

Харчові волокна. Під волокнами розуміють неперетравлювану частину рослинної їжі, що складається в основному з целюлози, геміцелюлози, пектину і лігніну. Дуже багато досліджень останніх років показали, що рослинні волокна володіють вираженим гіпохолестеринемічною дією. В експерименті дієта з низьким змістом рослинних волокон і великою кількістю жирів приведе до гиперхолестеринемії й

атеросклерозу і, що навпаки, додавання в дієту волокон знімає її атерогенність. Найбільш ефективним в експерименті виявилися пшенична солома і пектин [56].

Виділившись в просвіт 12-и перстної кишки, жовчні кислоти беруть участь у процесі травлення й у тонкому кишечнику знову всмоктуються в кровообіг і попадають у печінку. Частина жовчних кислот зв'язується компонентами їжі і залишає організм через кишечник. Так організм втрачає основну частку холестерину.

Механізм гіперхолестеринемичної дії рослинних волокон зв'язаний з тим, що вони необоротно зв'язують жовчні кислоти і виводять їх з калом. Це, у свою чергу, стимулює синтез жирних кислот у печінці, підсилюючи окислювання холестерину.

Дуже великий вміст клітковини (більш 1,5 г на 100 г продукту) у таких харчових продуктах, як висівки пшеничні, малина, квасоля, горіхи, фініки, полуниця, урюк, вівсяна крупа, шоколад, ізюм, гриби свіжі, інжир, чорниця, смородина біла і червона, журавлина, агрус, чорнослив. Пектинами багаті фрукти, ягоди і деякі овочі. Пектини зв'язують не тільки жовчні кислоти. У кишечнику вони містять в собі багато токсичних речовин, аж до солей важких металів. Особливу цінність представляє властивість пектинів усмоктувати в себе токсичні продукти шумування і гниття в кишечнику [57].

Клітковина – основний компонент льяних висівків (звідси й друга назва продукту). Харчові волокна (клітковина), розчинні і нерозчинні, нормалізують роботу травної системи і сприяють очищенню організму.

Гарбузова клітковина яка міститься в висівках – натуральний дієтичний продукт, що володіє масою корисних властивостей для організму. Гарбузова клітковина містить широкий спектр корисних речовин: марганець, залізо, калій і кальцій, амінокислоти, ефірні масла і вітаміни групи В, А, С, Е, Р, Т, К, які роблять її важливою складовою здорового збалансованого раціону. Клітковина насіння гарбуза містить велику кількість цинку, який в свою чергу позитивно впливає на зміцнення підшлункової залози і печінки, має загоює і вельми корисний для тих, хто страждає від діабету.

Особлива перевага конопляних висівок – значний вміст дефіцитних грубих волокон, представлених целюлозою, геміцелюлозою, пектином і лігніном. Пектинами дуже багаті: буряк, яблука, смородина чорна (1-1,3 г на 100 г продукту), сливи - 0,9; абрикоси, персики, полуниця, журавлина, агрус - 0,7; капуста белокачанна, морква, груші, апельсини, виноград, малина - 0,6; картопля, кавун, лимони - 0,5; баклажани, цибуля ріпчаста, огірки, дині, вишні, черешня, мандарини - 0,4; томати, гарбуз - 0,3. Мінімальна добова потреба організму в харчових волокнах становить 25 г.

На геміцелюлози і гумі доводиться до 10% сухої речовини ячменю. Їх кількість коливається в залежності від ступеня стиглості ячменю і залежить від кліматичних умов під час росту. Залежно від місцезнаходження (в ендоспермі або в квітковій оболонці) виявляється два різних типи геміцелюлози: «квіткова», що складається з невеликої кількості β-глюкана і уронових кислот і значної кількості пентозанів, і «ендоспермна», що містить багато β- глюкана, мало пентозанів і не містить уронових кислот.

До складу геміцелюлози входять як гексозани, при гідролізі яких утворюються глюкоза, галактоза, маноза, фруктоза, так і пентозани, при гідролізі яких утворюються ксиліоза, арабіноза.

Геміцелюлози, що знаходяться в ендоспермі і оболонках зерна, розрізняються складом. Геміцелюлоза оболонки ячменю відрізняється низькою питомою в'язкістю, вона відносно стійка до дії ферментів і при пророщування зерна не грає важливої біологічної ролі. При переробці така геміцелюлоза розчиняється і, таким чином, не бере участі в технологічних процесах виробництва солоду і пива.

β-глюкани (група сполук NSP – non-starch polysaccharides, або некрохмалисті полісахариди) являють собою різновид легкорозчинної клітковини і входять до сімейства високомолекулярних полісахаридів, гетерогенних як по розміру молекул, так і по розчинності. У водних розчинах вони мають високу густину завдяки їх великій молекулярній масі, надзвичайно асиметричній конфігурації молекул та не ковалентній взаємодії поліглікозидних ланцюжків. Саме густина водних розчинів β-глюканів є головною фізичною характеристикою цих унікальних сполук. У водних розчинах їх

утримує від агрегації та преципітації специфічна будова молекули, яка являє собою лінійний (не розгалужений) полімер з глюкозидних залишків, та нерегулярно розподілених вздовж полімерної молекули (1→3) глікозидних зв'язків.

Найцінніша дієтична властивість β -глюканів полягає в тому, що їх присутність у тонкому кишечнику людини при травленні ячмінного зерна приводить до суттєвого зниження холестерину в плазмі крові. Окрім того, беззаперечно доведено різними авторами, що β -глюкани є важливим превентивним фактором проти ракових захворювань кишечника.

β -глюкани знайдено у складі клітинних стінках ячменю, вівса, пшениці, жита, кукурудзи, риса. Ячмінь та овес містять найбільшу кількість β -глюканів серед культурних зернових злакових. Величина цього показника у пшениці, ячменю, вівса, жита у цілому зерні складає відповідно 0,6; 4,2; 3,9; 2,5%, а окремо у ендоспермі – 0,3; 4,1; 1,8; 1,7 у розрахунку на суху біомасу [58].

β -глюкани є головною складовою частиною клітинних стінок ендосперму ячменю. Вони становлять 70-75 % сухої маси стінок клітин ендосперму, або 5-6 % від маси зерна. Для порівняння – пшеничне зерно містить лише 0,15-0,20 % β -глюканів, що в 30 разів менше.

Видалення зовнішніх шарів, включаючи плівку, з зернівок злаків зменшує частину нерозчинних харчових волокон, білка, вільних ліпідів та золи, тим самим збільшуючи кількість крохмалю та β -глюканів [59; 60].

Завдяки високій концентрації β -глюканів продукти з зерна ячменю мають низький вуглеводний індекс, що допомагає запобігати підвищенню цукру в крові одразу ж після прийому їжі. Це особливо має запобіжне значення для цукрового діабету типу 2, та допомагає контролювати вміст цукру в крові для хворих діабетом обох типів 1 та 2 [61].

На відміну від плівчастого ячменю, голозерний істотно багатший β -глюканом. У сухій речовині зернівки плівчастого ячменю міститься 4-8% β -глюкана, а в зернівці голозерного – близько 16% цього вуглеводу

β-глюкан пригнічують синтез холестеролу, тому голозернистий ячмінь може бути використаний як можливе джерело β-глюканів для лікування гіперхолестеринемії.

Європейське агентство по безпечності продуктів харчування (European Food Safety Authority (EFSA) офіційно заявило, що регулярне вживання β-глюканів підтримує нормальний вміст холестерину в крові. За рекомендаціями EFSA щоденне споживання цієї речовини повинно бути не менше 3 г у вигляді ячменю або висівку з нього.

Таким чином, присутність в їжі людини β-глюканів є важливим профілактичним чинником проти трьох смертоносних хвороб століття: серцево-судинних, раку внутрішніх органів, цукровому діабету.

Есенціальні фосфоліпіди. Есенціальними фосфоліпідами багаті бобові рослини і сояшник. Чемпіоном зі вмісту есенціальних фосфоліпідів є соя, звідкіля їх і одержують у більшості країн. У нашій країні есенціальні фосфоліпіди одержують з насіння сояшника.

Фосфоліпіди – біологічно активні речовини. Вони є одним з основних структурних компонентів біологічних мембран. Постійно входячи і виходячи з клітинної мембрани, фосфоліпіди так само, як і холестерин, здійснюють «поточний ремонт». Інтенсивність такого поточного ремонту значно підвищується при впливі на клітку екстремальних факторів. Примітно те, що холестерин, використовуваний для поточного ремонту клітинної мембрани, транспортується до місця ремонту тільки у виді комплексу фосфоліпідними молекулами. Найбільш значимі для організму фосфоліпіди (фосфотидилхолін, фосфатидилетаноламін, фосфотидилінозитол) об'єднані під загальною назвою «Лецитин». Крім лецитина існують ще такі фосфоліпіди, як кефалін, сфингомиєлін і ін [62].

Фосфоліпіди є гарним розчинником для холестерину. На цьому і засноване застосування їх препаратів для лікування атеросклерозу. 1 молекула фосфоліпіду може розчинити 3 молекули холестерину і вивести з організму. Причому фосфоліпіди здатні витягати холестерин як з атеросклеротичних бляшок, так і з клітинних мембран, у випадку надмірного нагромадження в них холестерину. Фосфоліпіди можуть

впливати на атеросклеротичний процес і опосередковано. Потрапляючи в кров молекули фосфоліпідів здатні з'єднуватися з а-ліпопротеїдами. Такий «комплекс» видаляє з холестеринової бляшки на 50% більше холестерину, чим без фосфоліпідної «добавки».

Фосфоліпіди володіють антиоксидантною дією і тим самим знов-таки гальмують включення пре- і в-ліпопротеїдів в атеросклеротичну бляшку. Антиоксидантна дія фосфоліпідів робить їх коштовним протипухлинним засобом. За здатність вимивати з атеросклеротичних бляшок холестерин фосфоліпіди називають штучними ліпопротеїдами високої щільності (а-ліпопротеїдами). Потреба організму у фосфоліпідах складає не менш 5 г у добу.

У складі жиру ячменю містяться різні жирні кислоти у таких співвідношеннях: стеаринова – 2,6 %, пальмітинова – 7,4 %, масляна – 26,5 %, ліолева – 43,7 %, ліоленова – 0,44 % [63].

Окрім нейтральних жирів, у ячмені присутні жироподібні речовини (ліпоїди), серед яких особливе значення мають фосфогліцериди – фосфатиди та фосфоінозитиди. Основним компонентом серед фосфатидів є лецитин. Його молекули відрізняються від звичайних ліпідів тим, що одна з гідроксильних груп гліцерину утворює складний ефір із фосфорною кислотою, яка, у свою чергу, зв'язана ефірним зв'язком з азотовмісною сполукою. У складі лецитину такою речовиною є холін, що виконує роль ростового фактора для живих організмів. Вміст лецитину в ячмінному жирі становить від 4,24 до 7,29 %.

Ненасичені жирні кислоти відіграють важливу роль у біохімічних процесах організму. Наприкінці ХХ століття було доведено їхній значний вплив на процеси окиснення ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ), підвищений рівень яких сприяє розвитку атеросклерозу. Також було встановлено механізми окиснювальної модифікації ЛПНЩ в організмі.

Згідно з дослідженнями, олії, багаті на ліолеву кислоту (18:2), формують сприятливий ліпопротеїдний профіль, оскільки одночасно знижують рівень ЛПНЩ і підвищують вміст ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ), що зменшує ризик розвитку ішемічної хвороби серця. Натомість жири з високим вмістом насичених жирних кислот вважаються менш

сприятливими, адже вони сприяють підвищенню рівня холестерину в складі ЛПНЩ. Крім того, встановлено, що ненасичені жирні кислоти меншою мірою сприяють тромбоутворенню порівняно з насиченими [64].

Останні дослідження показали, що стеаринова кислота (18:0) практично не впливає на рівень загального холестерину та холестерину ЛПНЩ (порівняно з вуглеводами). Водночас лауринова (12:0), міристинова (14:0) і пальмітинова (16:0) кислоти є основними чинниками, що зумовлюють підвищення рівня холестерину при споживанні насичених жирів. Саме ці три кислоти формують до 70 % загального вмісту жирних кислот у типовому раціоні населення європейських країн.

Вважається, що в процесі еволюції у людини та вищих тварин сформувалися механізми регуляції, які забезпечують засвоєння незамінних жирних кислот як родини ω -6, так і ω -3. Проте важливо враховувати, що історично людина не споживала таких великих обсягів жирів, як сьогодні, що впливає на інтенсивність їх дії на обмін речовин. У зв'язку з цим актуальним є питання оптимального співвідношення поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) цих двох родин.

Дослідження жирового складу грудного молока показали, що співвідношення ПНЖК родин ω -6 і ω -3 становить приблизно 5:1 [65]. При цьому характер харчування матері впливає переважно на вміст коротко- та середньоланцюгових жирних кислот, які синтезуються в молочній залозі, тоді як рівень ПНЖК, що надходять із крові, змінюється незначно. Це дозволяє вважати, що співвідношення ω -6/ ω -3 є важливим харчовим фактором, який впливає на ліпідний склад клітинних мембран. Водночас питання щодо меж адаптаційних змін, викликаних цими коливаннями, залишається відкритим.

Разом із тим безсумнівною є необхідність надходження в організм обох типів жирних кислот – ω -6 і ω -3. За розрахунками А.П. Левицького, сучасний раціон середнього жителя України містить 23,9 г насичених жирних кислот, 28,8 г мононенасичених і 34,5 г поліненасичених. При цьому співвідношення ω -6/ ω -3 становить приблизно 33,1:1,4 або 23,6:1 замість рекомендованого 5:1, що свідчить про перевищення рівня ω -6 жирних кислот більш ніж у чотири рази.

Вітаміни. Існує кілька вітамінів, здатних в адекватному дозуванні серйозно втручатися в холестериновий обмін. Деякі вітаміни можуть мати для організму двоїсте значення. В малих дозах вони виступають у ролі вітамінів, а у великих дозах вже діють як серйозні «великі» ліки, що можуть значно вплинути на той або інший вид обміну [66].

Вітамін РР(вітамін В3, нікотинова кислота, ніацин, нікотинамід). На початку 60-х рр. групою дослідників було з'ясовано, що великі дози нікотинової кислоти здатні знизити концентрацію холестерину в плазмі крові. Клінічні іспити нікотинової кислоти дали блискучі результати. Концентрація холестерину знижувалася не тільки в плазмі крові, але також і в тканинах. Нікотинова кислота значно знижує вміст у плазмі крові жирних кислот і триглицеридів (компонентів нейтрального жиру). Це досягається за рахунок блокування спонтанного ліполіза - виходу вільних жирних кислот і гліцерину з підшкірно-жирової клітковини в кров. Нікотинова кислота придушує синтез холестерину в печінці. Крім того, нікотинова кислота володіє значною судинорозширювальною дією, що має величезне значення при лікуванні атеросклерозу будь-якої локалізації.

Сукупність всіх вищевказаних властивостей робить нікотинову кислоту досить коштовним засобом для нормалізації холестеринового обміну. Під дією нікотинової кислоти відбувається не тільки зниження швидкості атеросклеротичного процесу, але і зворотний розвиток м'яких холестеринових бляшок, а також зниження надлишкового змісту холестерину в клітинних мембранах.

Рослинними джерелами нікотинової кислоти є: брокколі, морква, картопля, помідори, бобові, арахіс, фініки, дріжджі, продукти зі злаків, кукурудзяна мука і проростки пшениці. Багаті вітаміном РР й трави: щавель, шавлія, корінь лопуха, люцерна, плоди шипшини, котівник котячий, червона конюшина, кайенський перець, піщанка, листя малини, ромашка, м'ята перцева, женьшень, хвощ, хміль, очанка, пажитник сінної, насіння фенхеля, кропива, коров'як, петрушка, овес, кульбаба.

Аскорбінова кислота. Вітамін С з метою лікування холестерину почав використовуватися відносно недавно, з 70-х рр. Його гіпохолестеринемічна дія з'являється починаючи з дози 1 г у добу.

Передбачається, що основну роль у даному випадку грає антиоксидантна дія вітаміну С. Згадаємо, що без свободнорадикального окислювання ліпопротеїди низкої щільності не можуть включитися в атеросклеротичну бляшку. Хоча доза аскорбінової кислоти, рівна 1 г/сут, є загальноприйнятною, деякі автори використовують набагато великі дози: від 3 до 10 г у добу для людини з масою тіла в 70 кг. Аскорбінова кислота значно потенціює (підсилює) дію всіх інших антиоксидантів, що дозволяє використовувати їх у комплексі з аскорбіновою кислотою для лікування атеросклерозу. В-каротин, що вважається одним з найдужчих природних антиоксидантів взагалі не діє у відсутності вітаміну С. Дія вітаміну С значно може бути посилена при сполученні його з вітаміном Р (рутин, кварцетин і ін. біофлавоноїди) [66].

Антиоксидантна дія аскорбінової кислоти не є єдиним механізмом її антисклеротичної дії. Аскорбінова кислота є сильним інгібітором глалуронідази – ферменту, що підвищує гідрофільність і загальну проникність тканин. Блокуючи глалуронідазу, вітамін С знижує проникність тканин і значно утрудняє проникнення холестерину в судинну стінку. Більшість авторів вважають антиглалуронідазний механізм основним механізмом антиатеросклеротичної дії аскорбінової кислоти. Але і цей механізм не є єдиним.

Відомо, що атеросклероз вражає лише великі судини, стінка яких складається в основному з колагенових волокон. Дрібні судини, що не містять колагена, атеросклерозові не піддаються. Аскорбінова кислота є необхідним учасником у процесі синтезу колагенових волокон. Тому введення її у великих дозах робить колагенову стінку великих судин більш міцною і менш уразливої стосовно холестерину. Аскорбінова кислота значно поліпшує фосфоліпідний обмін. Тому вона перешкоджає проникненню холестерину не тільки в судинну стінку, але й у клітинні мембрани, тому що знижує їх проникність для холестерину.

Аскорбінова кислота, хоча б і прийнята у великих дозах, може служити лише профілактичним засобом стосовно розвитку загального холестериноза. Зворотного розвитку вже існуючих атеросклеротичних бляшок вона не викликає і холестерину, що нагромадився в тканинах, не виводить. Продукти, у яких

концентрується найбільше вітаміну С: шипшина, ківі, чорна смородина, солодкий перець, петрушка, капуста, суниця і полуниця, цитрусові, шпинат, цибуля, малина [66].

Токоли належать до жиророзчинних вітамінів (Е). В олії з зерна ячменю знайдені 8 відомих ізомерів токолів (4 токоферолі та 4 токотрієнолі), кожен з яких містить в молекулі метилову групу ($-\text{CH}_3$) в різних позиціях бензольного циклу. Високий вміст у житніх висівках вітаміну Е здатне продовжувати молодість клітин тіла, попереджати передчасне старіння, захищати від розвитку онкологічних захворювань.

Наявність у зерні ячменю всіх ізомерів токолів та підвищене співвідношення токотриєнолів до токоферолів робить біохімічний профіль ячменю унікальним серед злаків. Ці особливості ячменю є надзвичайно важливими для метаболічного регулювання вмісту холестерину в крові людини. Окрім того, токоли мають високу активність як антиоксиданти, що блокують шкідливі для організму перекисні реакції ліпідів клітинних мембран. Цікаво, що голозерний ячмінь з геном *waxy*, та нульовим вмістом амілози в крохмалі має підвищений вміст токолів.

Мінеральні речовини. Дієта з високим змістом кальцію сприяє зниженню змісту в крові холестерину. Легкою гіпохолестеринемічною дією володіють іони магнію і міді. Усупереч загальнопоширеній думці саме «тверда», а не «м'яка» (тим більше не дистильована) вода сприяє нормалізації рівня холестерину в крові. З цього погляду вживанням мінеральних вод у комплексному лікуванні (та й просто для профілактики атеросклерозу) цілком виправдано [67].

1.3. Висівки зернових, жмих олійних культур та ячмінне борошно – джерело компонентів з гіпохолестеринемічною дією

На сучасному етапі розвитку харчової науки і технології одним із перспективних інгредієнтів для виробництва продуктів оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування з холестеринознижуючим ефектом є висівки зернових, жмих

олійних культур та ячмінне борошно, які містять значну кількість компонентів з гіпохолестеринемічною дією.

Висівки зернових та жмих олійних культур – побічні продукти борошномельного та олійно-жирового виробництва, що складаються із самого цінного, що є в зернах злаків та насінні олійних культур – зернових оболонок і зародків насіння. Саме в цих частинах зерен і насіння сконцентровано до 90% всіх біологічно активних та корисних речовин зернових та олійних культур.

Висівки на 80% складаються з клітковини, яка нормалізує роботу шлунково-кишкового тракту, сприяє зменшенню концентрації холестерину, допомагає зниженню цукру в крові, виводить токсини з організму, поліпшує обмін речовин і зміцнює імунітет. Крім того, у висівках чимало рослинного білка і вуглеводів, є жири, в тому числі насичені і ненасичені жирні кислоти, вітаміни (групи В, каротин, Е, РР); макро- і мікроелементи, причому у великих кількостях – Калій, Фосфор, Магній, Кальцій, Натрій, Ферум; є також сполуки Хрому, Селену, Міді, Цинку та інших елементів. Отже, зернові висівки можна розглядати як джерело перспективної сировини для створення корисних продуктів харчування [68].

В залежності від виду сировини, яка використовується для виробництва борошна, розрізняють висівки: пшеничні, житні, рисові, просяні, ячмінні, соєві, вівсяні, кукурудзяні, гречані. Встановлено, що якість та кількість висівок у значній мірі залежить від режиму технологічного процесу, а також від багатьох чинників (схеми помелу, асортименту, технічного оснащення підприємства

тощо) При великій кількості біологічно активних речовин висівки – продукт низькокалорійний, тому він незамінний в дієтичному раціоні [69].

Порівняльна характеристика хімічного складу вівсяних, пшеничних та рисових висівок наведено в табл.1.1 [70].

Найбільш калорійними є рисові висівки, відповідно, з найбільшою кількістю жирів і найменшою кількістю харчових волокон. Проте, в них міститься найбільша кількість холи та вітамінів. Вівсяні висівки найбільш збагачені білками та

вуглеводами, але кількість харчових волокон переважає у пшеничних висівках. Отже, загалом висівки цінні високим вмістом харчових волокон, проте пшеничні висівки містять нерозчинні харчові волокна, в той час як у вівсяних висівках містяться лише розчинні харчові волокна.

Поживна цінність зернових висівок багато в чому залежить від вмісту в них борошнистих частинок – чим їх менше і більше оболонки, тим нижче поживна цінність висівок. Головне достоїнство висівок всіх видів – у високому вмісті харчових волокон. Ці волокна регулюють роботу кишечника, покращують мікрофлору товстої кишки, сприяють виведенню холестерину, зниження ваги, нормалізації цукру в крові та детоксикації організму в цілому [71; 72]. У висівках міститься до 15% протеїну, а ще калій, магній і інші мікроелементи. Калій - відіграє важливу роль у забезпеченні нормальної діяльності серцево-судинної системи, у виведенні рідини з організму. Магній – має судинорозширювальну властивість, саме тому продукти, його містять, включають до раціону харчування при гіпертонічній хворобі. А ще, крім білка, висівки багаті поліненасиченими жирними кислотами, які беруть участь в енергетичному жировому обміні, у формуванні оболонки клітин, в імунній системі [73; 74]. До переваг висівок можна віднести їх хороші смакові якості. Висівки добре вбирають воду і при достатній її кількості утворюють слизову кашу.

Ячмінь (лат. *Hordeum*) – рід рослин сімейства злакових, що є однією з найдавніших зернових культур, яку почала обробляти людина.

Таблиця 1.1
Хімічний склад різних видів висівок

Нутрієнтний склад	Висівки		
	Вівсяні	Пшеничні	Рисові
Калорійність, ккал	246	216	316
Білки, г	17,3	15,6	13,35
Жири, г	7,03	3,08	20,85
Вуглеводи, г	66,22	64,5	28,69
Харчові волокна, г	21,8	42,8	21

Вода, г	6,55	9,9	6,13
Макроелементи, мг			
Кальцій	58	70	57
Магній	235	448	781
Натрій	4	8	5
Калій	566	1260	1485
Фосфор	734	950	1672
Мікроелементи, мг			
Залізо	5,41	14	18,54
Цинк	3,11	7	6,04
Мідь, мкг	403	-	728
Селен, мкг	45,2	-	15,6
Вітаміни, мг			
Вітамін В1 (тіамін)	1,17	0,75	2,75
Вітамін В2 (рибофлавін)	0,22	0,26	0,28
Вітамін В3 (ніациновий еквівалент)	0,934	13,5	33,9
Вітамін В5 (пантотенова)	1,49	2,2	7,39
Вітамін В6 (піродоксин)	0,17	1,3	4,07
Вітамін В9(фолієва), мкг	52	-	63
Вітамін Е (токоферол)	1,01	1,5	4,92
Вітамін К (філохінон), мкг	3,2	1,9	-

У наш час зерно ячменю використовують у різних напрямках: для технічних, кормових та продовольчих цілей (виробництво перлової та ячної круп, борошна), у тому числі й у пивоварній промисловості. Ячмінь відноситься до особливо цінних концентрованих кормів для тварин завдяки вмісту повноцінного білка та високому вмісту крохмалю [75].

Рід ячменю включає близько 30 видів, але в культурі обробляється лише один вид – ячмінь посівний (*Hordeum sativum* Jessen). Казаков Е.Д. виділяє таке співвідношення анатомічних частин ячмінної зернівки плівчастих форм (у %): плодові та

насіннєві оболонки 5,5-6,6; алейроновий шар 12,0-14,0; зародок від 2,5-3,0; ендосперм від 63,0-69,0 .

Алейроновий шар особливо багатий на білки, ліпіди, вуглеводи та мінерали, окрім цього алейроновий шар ячменю має характерну особливість – містить значну кількість арабіноксиланів, β -глюканів та фенольних сполук, які мають високу харчову та біологічну цінність. Ендосперм містить у своєму складі запасні харчові речовини. За своєю будовою ендосперм зернівки ячменя може бути скловидним, борошнитим або частково скловидним, що залежить в першу чергу від сорту та кліматичних умов.

Хімічний склад ячменю за Кретович В.Л. наступний (у %): вода – 14,0; білки – 11,5; ліпіди – 2,0; засвоювані вуглеводи – 65,8; клітковина – 4,3; зола – 2,4. Але хімічний склад може варіюватися в залежності від обробки ґрунтів та внесених до них добрив [76]. Усі вуглеводи поділяють на моносахариди, серед яких до складу зерна ячменя входить арабіноза, ксилоза, глюкоза, фруктоза, та полісахариди – сахароза, мальтоза, крохмаль, клітковина та слиз [77]. Як вже було попередньо зазначено, крохмаль є основним складовим компонентом зерна усіх злакових культур. Він у свою чергу складається з двох полісахаридів – амілози (близько 80%) та амілопектина (близько 20%), співвідношення яких також залежить від сорту та завдає значний вплив на засвоюваність ячмінних продуктів. Лущення та подрібнення зерна ячменю під час його обробки в борошно не завдають значного впливу на властивості крохмалю [78].

Полісахариди, що входять до складу клітинних стінок, представляють собою другу, найбільш важливу, групу вуглеводів у зерні ячменя. Найбільший інтерес викликають розчинні харчові волокна β -глюкани та арабіноксилани.

Молекули β -глюканів – лінійні гомополісахариди до складу яких входять залишки D-глюкопіранози, з'єднані β -1,4-зв'язками та організовані у блоки одиниць, які розділені β -1,3-зв'язками [79]. Відносна кількість трисахаридів в β -глюканах з зерна ячменю складає 52-69%, тетрасахаридів – 25-33%, співвідношення трисахариди/тетрасахариди дорівнює 1,8-3,5. Величина вказаної пропорції визначається хімічною структурою

зернових β -глюканів, для кожного виду злаків воно має своє значення [80].

Дослідження показують, що молекулярна будова та структурна організація β -глюканів та арабіноксиланів із зерна вівса та ячменю представляють собою важливі детермінанти їх фізичних властивостей, розчинність у воді, в'язкість, здатність до переварювання. Усе це обумовлює функціональність даних полісахаридів та їх фізіологічну роль у шлунково-кишковому тракті людини.

β -глюкани знайдено у складі клітинних стінках ячменю, вівса, пшениці, жита, кукурудзи, риса. Окрім того клітинні стінки злаків містять велику кількість гетероксиланів та незначну кількість або зовсім не містять целюлози та пектинових речовин. Клітинні стінки алейронового шару та ендосперму насіння злакових складаються з (1,3;1,4)- β -D-глюканів та арабіноксиланів. Клітини ендосперму зрілого насіння ячменю оточені тонкими стінками, що містять близько 70% β -глюканів, 25% арабіноксиланів, 2% целюлози, 2% глюкоманнанів. Полісахариди β -глюкани формують внутрішній шар ендосперму ячменю [81].

Видалення зовнішніх шарів, включаючи плівку, з зернівок злаків зменшує частину нерозчинних харчових волокон, білка, вільних ліпідів та золи, тим самим збільшуючи кількість крохмалю та β -глюканів [82].

Ячмінь та овес містять найбільшу кількість β -глюканів серед культурних зернових злакових [83]. Величина цього показника у пшениці, ячменю, вівса, жита у цілому зерні складає відповідно 0,6; 4,2; 3,9; 2,5%, а окремо у ендоспермі – 0,3; 4,1; 1,8; 1,7 у розрахунку на суху біомасу [84].

Харчові продукти, що виготовлені на основі злаків з низьким вмістом крохмалю та високим вмістом β -глюканів, тобто з використанням ячменя та ячмінного борошна, можуть займати важливе місце у низькокалорійній дієті людини [85]. На сьогоднішній день вже існує шість ліній ячменю, які розглядаються у якості рослин – кандидатів для виробництва функціональних продуктів харчування завдяки високому вмісту розчинних та нерозчинних харчових волокон і при цьому ж низькій калорійності [86].

Ліпіди зерна ячменю містяться у алейроновому шарі (6...12% від сухого залишку). У ячмені жири представлені жирними кислотами, гліцериновмісними ліпідами, а також сполуками, що не містять гліцерину. Сам жир має вигляд жовтувато-бурої олії з легким ароматом, у якій при тривалому зберіганні можуть утворюватися кристалічні включення [16]. Склад жирних кислот ячмінного жиру включає: стеаринову – 2,6 %, пальмітинову – 7,4 %, масляну – 26,5 %, лінолеву – 43,7 % і ліноленову – 0,44 % [87].

Окрім нейтральних жирів, у ячмені містяться ліпоїди, серед яких найважливішими є фосфогліцериди – фосфатиди та фосфоінозитиди. Основним представником фосфатидів є лецитин. Його молекули відрізняються від звичайних ліпідів тим, що одна з гідроксильних груп гліцерину утворює ефірний зв'язок із фосфорною кислотою, яка, у свою чергу, зв'язана з азотовмісною сполукою. У складі лецитину такою речовиною є холін, що виконує функцію ростового фактора для живих організмів. Вміст лецитину в ячмінному жирі становить 4,24–7,29 % [88].

До ліпідів, які не містять гліцерину, належать стериди – сполуки, утворені жирними кислотами та високомолекулярними циклічними спиртами (стеролами). Стероли й стериди розчиняються в тих самих органічних розчинниках, що й жири, однак під час гідролізу під дією гідроксид-іонів залишаються у неомиленій фракції.

Злакові культури є одним з основних джерелом мінералів для організму людини. Результати багатьох досліджень свідчать про те, що більша частина мінералів та вітамінів знаходяться у периферійних частинах зернівки та їх вміст значно зменшується під час лущення. Серед інших культур зерно ячменю відрізняється підвищеним вмістом фосфору, кальцію та вітамінів групи В (тіаміну, рибофлавіну та ніацину), які беруть участь у метаболічних процесах організму та сприяють перетворенню в енергію білків, ліпідів та вуглеводів.

У таблиці 1.2 представлено розрахунок ступеня забезпеченості організму людини за рахунок нутрієнтів 100 г ячмінного борошна [89]. Хімічний склад ячмінного борошна

умовно прийнятий рівним до складу ячної крупи, адже дана крупа отримується також з лущеного ядра.

Таблиця 1.2

Оцінка харчової цінності ячмінного борошна

Харчові речовини	Вміст у 100 г ячмінного борошна	Добова потреба	Ступінь забезпечення
Енергетична цінність, ккал	313,0	2500,0	12,52
Білки, г	16,1	75,0	21,47
Жири, г	1,3	83,0	1,57
Насичені жирні кислоти, г	0,4	25,0	1,60
Засвоювані вуглеводи, г	63,8	365,0	17,48
Харчові волокна, г	8,1	30,0	27,00
Мінеральні речовини, мг:			
Натрій	15,0	2400,0	0,63
Калій	205,0	3500,0	5,86
Кальцій	80,0	1000,0	8,00
Фосфор	343,0	1000,0	34,30
Магній	50,0	400,0	12,50
Залізо	1,8	14,0	12,86
Вітаміни, мг:			
В (тіамін)	0,27	1,5	18,00
В ₂ (рибофлавін)	0,08	1,8	4,44
НЕ (ніациновий еквівалент)	4,7	20,0	23,50
ТЕ токоферолеквівалент)	1,5	10,0	15,00

Наведені данні свідчать про те, що ячмінне борошно відрізняється високим показником харчової цінності та в зазначеній кількості забезпечує добову потребу людини: у білку – на 21,5%, засвоюваних вуглеводах – на 17,5%, харчових волокнах – на 27% та фосфорі на 34,3%.

За своїм хімічним складом ячмінне борошно майже ідентичне до складу зерна, але може дещо відрізнятися в залежності від сорту виробленого борошна. В залежності від величини помелу та кількості відокремлюваних під час помелу

висівок розрізняють два сорти ячмінного борошна: борошно із виходом 70-73% типу сіяного та борошно обойного типу (82...85%).

Також відомий сучасний спосіб отримання ячмінного борошна з використанням нових експериментально встановлених режимів, що дозволяють отримати борошно із загальним виходом 87% [90]. Найбільше зацікавлення викликає отримання цільозернового ячмінного борошна, яке за хімічним складом повністю ідентичне ячмінному зерну. За основу технології виробництва цільозернового ячмінного борошна покладено класичну технологію виготовлення вівсяного толокна.

Представлені літературні дані свідчать про те, що ячмінь має збалансований хімічний склад, містить велику кількість харчових речовин, визначається високою цінністю, що вказує на високий потенціал його використання у харчовій та переробній промисловості.

1.4. Шляхи використання зернових висівок, жмиху олійних культур та борошна з ячменю у виробництві продуктів оздоровчого призначення

Висівки зернових та жмих олійних культур – популярні інгредієнти для здорового харчування, які мають унікальну цілющу силу і при цьому є доступними за ціною. Їх відносять до числа інгредієнтів харчових продуктів, що набирають все більшої популярності у населення завдяки їх сприятливому впливу на здоров'я людини. Висівки та жмих споживають у вигляді самостійних продуктів харчування, проте в останній час їх широко використовують у харчовій промисловості в якості компонентів хлібобулочних, кондитерських, ковбасних виробів, молочних та жирових продуктів.

В Національному університеті харчових технологій (НУХТ) розроблено хліб «Вівсяна родзинка» підвищеної харчової цінності, що містить борошно, дріжджі, сіль та цукор, який відрізняється тим, що додатково містить вівсяні пластівці, вівсяні висівки, родзинки та суху пшеничну клейковину, що дає змогу повноцінній роботі кішківника, очищенню травного тракту від шлаків і токсинів [91].

В цьому ж університеті розроблено ще багато різних видів хлібобулочних виробів з додаванням пшеничних висівок, з соєвою клітковиною, зі шротом насіння льону, що дозволяє отримати вироби підвищеної харчової цінності з збільшеним вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, забезпечує розширення асортименту хлібобулочних виробів профілактичного призначення.

В НУХТ розроблено кефір для геродієтичного харчування, що містить кефір з нормалізованого гомогенізованого пастеризованого коров'ячого молока та симбіотичної закваски прямого внесення, який відрізняється тим, що він додатково містить висівки в наступному масовому співвідношенні: кефір з нормалізованого гомогенізованого пастеризованого коров'ячого молока та симбіотичної закваски 1 %-97,0-98,0 %, висівки – 2...3%, що нормалізують функції органів травлення, сприяють підвищеному вмісту клітковини та вітамінів групи В, Е, А.[92]

Науковець Нестек С.А. розробив сухі макаронні вироби швидкого приготування з додаванням 50% цільнозернової крупки, яка містить висівки, зародок і ендосперм в тих же пропорціях, що цільне зерно пшениці, тобто вироби характеризуються підвищеною харчовою цінністю, містять багато харчових волокон, вітамінів, мінеральних сполук, антиоксидантів, здорових жирів [93]

Національним університетом харчових технологій було розроблено макаронні вироби з пшеничними висівками з поліпшеними органолептичними показниками, варильними властивостями та вищою міцністю [94]

Проводяться дослідження щодо використання клітковини рослинної з насіння кунжуту та жита в якості рослинного інгредієнта в сумішах з альбумінною основою. Встановлено раціональні режими підготовки не молочної складової для збереження якісних показників білкової сировини.

Єрєміним С.Ф. встановлено доцільність ферментації пшеничних висівок у присутності амілаз, геміцелюлоз та молочної сироватки. Автором показано, що внесення в тісто 15...30% оброблених у такий спосіб висівок дозволяє покращити його реологічні властивості та якість хліба.

Створення нових сирів з введенням зернової добавки з пшеничних висівок в знежирене молоко дозволило замінити частину білка тваринного походження – рослинним, підвищити

харчову і біологічну цінність, збагатити продукт харчовими волокнами, зміст яких у готовому продукті становить $(6,0 \pm 0,5)\%$.

Рисові висівки широко відомі, як продукт, з якого отримують знамениту рисову олію, що володіє безліччю лікувальних властивостей. Спеціалісти відносять цю олію до високоякісних рослинних олій і рекомендують як можна частіше застосовувати її в кулінарії. Смак у неї приємний і навіть вишуканий, і при цьому вона зберігає оригінальний смак. Як правило, її використовують для смаження: дуже смачними виходять овочі і м'ясо, а також морепродукти. ВООЗ (Всесвітня Організація охорони Здоров'я) рекомендує олію рисових висівок, як продукт здорового харчування (в деяких країнах її навіть називають олією здоров'я).

Одна з цінних особливостей цієї олії полягає в тому, що точка її димлення досить висока – до 220°C : при смаженні її витрачається мало, і використовувати її можна кілька разів – канцерогенні речовини не виробляються. Ще нею поливають салати, додають її в випічку, готують з неї домашній майонез – його можна готувати без яєць, з молоком або вершками. Рисова олія також служить нешкідливим і ефективним домашнім консервантом: якщо додати її до будь-якої рослинної олії, вона збереже свої властивості набагато довше.

У країнах Азії, таких, як Індія і Японія, олія рисових висівок вживається дуже широко: тільки в Японії її продають десятки тисяч тонн. Клінічні випробування, проведені медиками з участю добровольців показали високу фармакологічну активність рисової олії: в її жирах виявлено складна речовина у-оризанол, яка з успіхом застосовується при лікуванні виразкової хвороби шлунка і 12-ти палої кишки, гастритах і синдромі подразненого кишечника.

Крім олії, з рисових висівок отримують віск – він широко використовується в косметології. Віск отримується при виробництві масла, і температура плавлення у нього теж висока, тому на його основі виробляються помади і бальзами для губ. Він також додається в емульсії і креми: косметичні засоби з ним виходять м'якими і ніжними, гладкими і однорідними, і чудово захищають шкіру від негативних впливів зовнішнього

середовища, запобігають появі ранніх зморшок і уповільнюють старіння.

Віск рисових висівок володіє сонцезахисними, протизапальні, антисептичні, зволожуючими, пом'якшуючими властивостями. І рисовий віск, олія містять багато ферулової кислоти, що володіє вираженими антиоксидантними, терпкими і антибактеріальними властивостями, тому косметичні засоби з ними можна застосовувати для лікування сонячних опіків, загоєння виразок і ран. Похідні рисових висівок також містять тритерпенові вуглеводні, в тому числі сквален, дозволяють компонентам косметичних засобів швидше і глибше проникати в шкіру, і теж надають антимікробну і протизапальну дію. Такий склад і властивості роблять рисові висівки відмінною косметичною сировиною, що застосовуються у виробництві декоративної косметики.

Висівки широко використовують у кулінарії, їх додають в тісто, киселі, коктейлі, каші, другі страви, супи, салати, м'ясні і рибні фарші, використовують як панірування і т.д. Страви з додаванням висівок смачні, корисні, дуже прості і доступні всім.

З давніх-давен продукти з ячменю користувалися популярністю, адже харчувалися ними в основному бідні верстви населення через невибагливе зростання культури. Висока харчова репутація ячменю була відома ще древнім слов'янам, пророщені зерна цього злаку були основною сировиною для приготування квасу, пива, ячмінного оцту, випічки, а відвари з ячмінних зерен використовували в приготуванні супів, каш, киселів тощо. В теперішній час рецепти страв з ячменю можна знайти переважно в східноєвропейській, скандинавській та канадській кухнях. Нажаль в сучасній Україні ореол його використання обмежений лише кормовою базою та пивоварінням.

У 2006 році Адміністрація США з питань продовольства і лікарських засобів (US Food and Drug Administration) віднесла харчові продукти, що містять зерно ячменю, до продуктів функціонального харчування, що мають лікувально-профілактичний вплив на здоров'я людини або запобігають певні патологічні процеси і хвороби, зокрема знижують ризик хвороби коронарних судин серця.

У наш час зерно ячменю використовують у різних напрямках: для технічних, кормових та продовольчих цілей (виробництво перлової та ячної круп, борошна), у тому числі й у пивоварній промисловості. Ячмінь відноситься до особливо цінних концентрованих кормів для тварин завдяки вмісту повноцінного білка та високому вмісту крохмалю [95].

З ячмінного зерна, особливо голозерних сортів, готують сурогат кави, який, завдяки своїм слабким тонізуючим властивостям, рекомендується людям похилого віку як заміник натуральної кави. Солома може використовуватися як грубий корм для згодовування великій рогатій худобі [96].

У світі увага до ячменю як харчовому продукту особливо посилилася за останні 10-15 років. Це пов'язано з новітніми клінічними і дієтологічними дослідженнями, які показали винятково високу харчову цінність ячмінного зерна і його здатність бути профілактичним засобом проти трьох найтяжчих недуг останнього століття: серцево-судинних хвороб, діабету і навіть раку кишечника [97; 98]. У цивілізованих країнах світу ячмінь активно використовують для виробництва круп, пластівців, борошняних, хлібобулочних виробів тощо [99].

Все більшу популярність у світі набуло використання у харчуванні людини круп з голозерного ячменю типу ваксі (waxi). Дослідження показали винятково високу харчову цінність круп з зерна цієї культури, передусім завдяки комплексу біологічно активних речовин, що мають протекторну дію. Вона рекомендується для широкого вживання з метою профілактики основних хвороб цивілізації: цукрового діабету, атеросклерозу, онкологічних і серцево-судинних захворювань та низки інших недуг, які постійно переслідують людей [100].

Ячмінне борошно – побічний продукт дроблення зерен ячменю для отримання круп. Ячмінне борошно на вигляд більш грубе і містить значну кількість висівок, колір борошна сірий. Воно робить випічку м'якше, однак через низький вміст клітковини в самостійному вигляді ячмінне борошно практично не використовується. Як правило, ним просто частково замінюють будь-яке інше борошно, зазначене в рецепті. У цьому сенсі застосування ячмінного борошна практично не обмежене, воно може виступати корисною і смачною добавкою до тіста для

хліба, печива, млинців, коржів, а також макаронних виробів і пресованих продуктів для сніданків. [101]. Поряд з цим ячмінне борошно використовують в якості згущувача для перших страв і соусів, з нього виходить дуже смачна й поживна каша.

За хімічним складом ячмінне борошно нагадує житнє, але воно містить більше клітковини та речовини, які надають хлібу терпкий присмак [102].

Пшеничний хліб з додаванням 15...20% ячмінного борошна за смаковими якостями, зовнішніми показниками і текстурою схожий на чисто пшеничний, але збільшення частки ячмінного борошна зменшує масу і об'єм буханця, вона набуває тьмянний коричневий колір, а її м'якуш стає жорстким.

У країнах Середнього Сходу та Північної Африки ячмінь дробиться і використовується для приготування супів, плоского хліба (коржів) і каш.

Trogh [103] виробляють в промисловому масштабі плоский хліб задовільної якості з підвищеним вмістом розчинної клітковини з суміші 70% пшеничного борошна і 30% борошна ячменю, використовуючи ендоксілазу як поліпшувачі. У порівнянні з хлібом, випеченим з пшениці, хліб із пшенично-ячмінної суміші був аналогічним по масі буханки і довше зберігав свіжість м'якушки. Такі показники турецького плоского хліба, як колір, текстура, смак і запах, погіршувалися тільки в разі збільшення частки ячмінного борошна до 40%.

В Японії з ячменю готують дуже популярний напій – морський чай Мугіча, приготований з обжарених злаків (іноді з пшениці) Неочищені зелені ягоди добре прожарюють, а потім заварюють п'ють холодним [104].

У Великобританії дуже люблять безалкогольний напій «Ячмінна вода» – барменна вода, це дуже давній Британський напій, яке протягом багатьох століть було першим харчуванням для новонароджених та маленьких дітей. Він також застосовується при лікуванні циститу. До цього напою додавали соку лимону або інших фруктів [105].

У Мексиці користується великою популярністю дуже схожий напій Aguas Frescas, в якому перемішують перлову крупу, рис, соки свіжих фруктів, розмолоте насіння рослин, пелюстки Roselle (каркаде), спеції (особливо тамаринд і корицю). Цей напій

отримав широке розповсюдження і далеко за межами Мексики – по всій центральній Америці, Карибському регіону, США [106].

Колективом авторів [107] розроблено склад цукрового печива «Пелюсток», яке містить ячмінне борошно у кількості 20% та нову композицію інгредієнтів для приготування зтяжного печива, яка додатково містить борошно ячмінне [108]. Автори [109] запропонували склад сухої борошняної суміші, яка як добавку вона містить дрібні пшеничні висівки і борошно ячмінне.

Ячмінне борошно як добавку використовують не тільки у харчових продуктах, а й у непродовольчих засобах. Так розроблено засіб для видалення новоутворень шкіри, який додатково містить 0,005-2% борошна ячмінного [110].

Харчові продукти, що виготовлені на основі злаків з низьким вмістом крохмалю та високим вмістом β -глюканів, тобто з використанням ячменя та ячмінного борошна, можуть займати важливе місце у низькокалорійній дієті людини. На сьогоднішній день вже існує шість ліній ячменю, які розглядаються як рослини – кандидати для виробництва функціональних продуктів харчування завдяки високому вмісту розчинних та нерозчинних харчових волокон і при цьому низькій калорійності [111].

Висновки до розділу

1. Виникнення і розвиток серцево-судинних та судинно-мозкових захворювань тісно пов'язані з наявністю чинників ризику, основними серед яких є підвищений артеріальний тиск, порушений ліпідний обмін, надлишкова маса тіла, нездоровий спосіб життя, а також фактори оточуючого середовища. Відомо, що майже всі серцеві захворювання так чи інакше пов'язані з виникненням атеросклерозу, однією з причин розвитку якого є підвищений рівень холестерину у крові. Холестерин – це активний учасник майже всіх біохімічних процесів, з яких складається обмін речовин. Але це так званий «корисний» холестерин. А от «шкідливий» холестерин відомий тим, що відкладається на стінках кровоносних судин у вигляді бляшок, порушуючи кровообіг. В сучасному світі проблема підвищеного холестерину набуває глобальних масштабів.

2. Основою профілактики атеросклерозу є раціональний спосіб життя: режим праці та відпочинку, що зменшує ймовірність психічного перенапруження, гіподинамії; заняття оздоровчою фізичною культурою; відмова від куріння і вживання спиртних напоїв. Достатньо важливим засобом зниження рівня холестерину в крові є правильно скорегований раціон харчування, який містить, перш за все, фрукти, овочі, зернові та бобові культури та має обмеження за вмістом тваринних жирів, цукру, вершків тощо. Велика кількість даних підтверджує, що правильне харчування є одним з найважливіших чинників у профілактиці атеросклерозу.

3. Для того, щоб призупинити відкладання холестерину в кровоносних судинах треба обмежити вживання продуктів, які містять багато холестерину та постійно включати до раціону харчування продукти, що знижують його рівень у крові. До таких продуктів належать, перш за все, рослини, які мають у своєму складі багато корисних компонентів (фітостеролів, харчових волокон, вітамінів, β -глюкану тощо), що характеризуються холестеринознижуючою дією.

4. На сучасному етапі розвитку харчової науки і технології одним із перспективних інгредієнтів для виробництва продуктів оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування з холестеринознижуючим ефектом є висівки зернових, жмих олійних культур та ячмінне борошно, які містять значну кількість компонентів з гіпохолестеринемічною дією. Їх відносять до числа інгредієнтів харчових продуктів, що набирають все більшої популярності у населення завдяки їх унікальній цілющій силі, сприятливому впливу на здоров'я людини та порівняно доступними цінами.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Предмет та об'єкти дослідження, організація експерименту

Предмет дослідження: споживні властивості рослинної сировини з холестеринознижуючим ефектом та продуктів її переробки.

Об'єкт дослідження: рослинна сировина (висівки зернових та жмих олійних культур, борошно з ячменю), інноваційна продукція оздоровчого призначення з гіпохолестеринемічною дією.

Для дослідження було обрано висівки семи зернових культур (пшениці, жита, гречки, проса, вівса, ячменю, рису), жмих чотирьох олійних культур (насіння льону, кунжуту, гарбуза, зародків кукурудзи) та борошно із ячменю 10 сортів (табл. 2.1). Об'єкти досліджень отримано з Інституту олійних культур УААН (с. Сонячне, Запорізької обл.) та Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (м. Харків).

Таблиця 2.1
Список дослідних зразків ячменю

Назва сорту, лінії	Різновид	Опис	Тип крохмалю
1	2	3	4
13-301	Nudum	Голозерний двохрядний	Звичайний
Беркут	Nudum	Голозерний двохрядний	Звичайний
13-976	Nudum	Голозерний двохрядний	Звичайний
Омський голозерний 1	Nudum	Голозерний двохрядний	Звичайний

1	2	3	4
Шедевр	rikotense	Плівчастий багаторядний	waxy
12-954	medicum	Плівчастий двохранний	waxy
Парнас	Nutans	Плівчастий двохранний	Звичайний
Алегро	Nutans	Плівчастий двохранний	Звичайний
Взірець	submedicum	Плівчастий двохранний	Звичайний
14-1183	Inerme	Безостий плівчастий двохранний	waxy

Борошно з дослідних зразків ячменю отримали на ПП «Органік-Еко-Продукт». Для виготовлення борошна використовували нове енергоефективне обладнання власної розробки. Принцип подрібнення – ударно-стираючий. Подрібнюючі конструктивні елементи виготовлені з металокераміки, що забезпечує їх високу стійкість і чистоту борошна.

Із метою визначення чіткого напрямку та послідовності здійснення теоретичних і експериментальних робіт була розроблена схема проведення дослідження, яку наведено на рис. 2.1.

2.2. Характеристика методів дослідження

Дослідження показників якості зернових висівок, жмиху олійних культур, борошна з ячменю здійснювали за стандартними методиками, сучасними методами з використанням відповідного обладнання.

Відбір проб і підготовку їх до випробувань проводили згідно з ГОСТ 27668-88 [112].

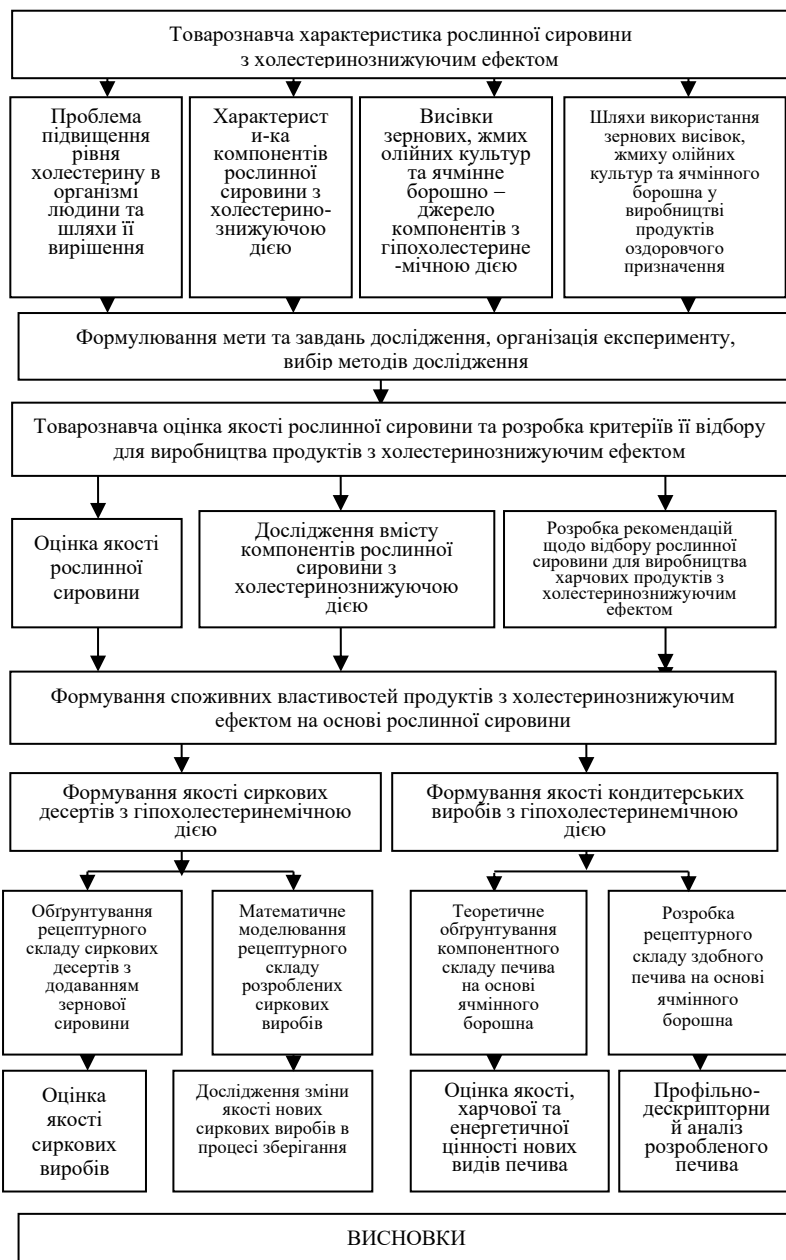


Рис. 2.1 – Схема проведення дослідження

Визначення зовнішнього вигляду, кольору, запаху, смаку і хрусту зернових висівок і жмиху проводили візуально і органолептично згідно з ГОСТ 27558-87 [113].

Масову частку вологи визначали методом висушування до постійної маси згідно з ГОСТ 9404-88; масову частку золи – методом озолення згідно з ГОСТ 27494-87; крупність помелу – на металлотканних ситах згідно з ГОСТ 27560-87; металоманітні домішки – згідно з ГОСТ 20239-74; зараженість і забрудненість шкідниками – згідно з ГОСТ 27559-87 [114 – 118]

Здатність до набухання зернових висівок та жмиху олійних культур визначали за методикою, яка передбачає перемішування дослідного зразка з водою, відстоювання, центрифугування, зливання неадсорбованої води, видалення залишків води, зважування та розрахунок за формулою 2,1 [119]:

$$x = \frac{a-b}{c} \cdot 100 \quad (2.1)$$

де a – маса пробірки з добавкою та зв'язаною водою, г;

b – маса пробірки з добавкою, г;

c – маса добавки, г.

Дослідження вмісту та складу стероїдного комплексу зернових висівок та жмиху проводили газохроматографічним методом, який заснований на готуванні контрольної проби, омилюванні відібраної проби, вилученні неомильних речовин, відокремлюванні стеринів від інших неомильних речовин, аналізуванні розділених стеринів з використанням капілярних колонок [120].

Хроматографування проводили на хроматографі «Кристалл 2000М» з полум'яно - іонізаційним детектором, на капілярній хроматографічній колонці SACTM-5, газ-носіє – азот із швидкістю потоку 50 мл/хв., температура колонки – 280° С, температура випаровувача – 320° С, температура детектора – 320° С.

Визначення активної кислотності у ячмінному борошні проводили за допомогою титрування NaOH [121].

Визначення кількості крохмалю в ячмінному борошні проводили згідно представлених в літературних джерелах даних [122].

Визначення кількості клейковини у ячмінному борошні проводили за методикою [123].

Дослідження фракційного складу крохмалю проводиться за допомогою йоду. 2-3 краплі йоду крапають на відібрану пробу. Амілоза дає синє забарвлення, а амілопектин - фіолетове [124].

Визначення сумарного змішаного β -глюкану в ячмінному борошні проводили ферментативним методом згідно методики Analitika EBC 3.10.2 [125].

Розробку рецептур нових видів сиркових десертів та кондитерських виробів здійснювали за допомогою методу математичного моделювання, підбираючи сировинні компоненти з заданими обмеженнями величини функції та регульованих показників [126].

2.3. Методи математико-статистичного аналізу даних

2.3.1. Метод кластерного аналізу при розподілі ботанічних сортів на функціонально подібні групи

Кластерний аналіз – один з новітніх математико-статистичних методів, що одержали поширення завдяки розвитку комп'ютерних технологій і формалізованих програм розрахунків. Його основним призначенням є класифікація, тобто поділ масових явищ на типологічні групи за сукупністю ознак. Методи кластерного аналізу широко застосовуються як у наукових дослідженнях, так і в практичних задачах [127].

У межах кластерного аналізу кожен елемент сукупності розглядається як «точка в просторі ознак». Значення кожної характеристики виступає координатою цієї точки, подібно до координат у звичайному тривимірному просторі. Відтак «простір ознак» являє собою область можливих значень усіх характеристик досліджуваних об'єктів. Якщо цей простір описати за допомогою евклідової метрики, з'являється можливість визначати відстані між точками. Такі відстані

називаються евклідовими і обчислюються за правилами класичної евклідової геометрії [128].

Формальна постановка задачі рішення кластеризації (розподілу відповідної множини на окремі групи, кількість яких задана), може бути сформульована наступним чином: є деяка вибірка об'єктів дослідження $I = \{I^1, I^2 \dots I^n\}$, яка сформована у результаті відбору деяких представників генеральної сукупності. Результат вимірювання i -тої характеристики I_j об'єкта позначають символом x_{ij} , а вектор $X_{ij}=[x_{ij}]$ відповідає кожному ряду вимірювань (для j -го об'єкта). Таким чином, для множини I об'єктів дослідник має множину векторів вимірювань $X = \{X^1, X^2 \dots X^n\}$, які описує множину I . Множина X може бути представлена як n точок в p -мірному евклідовому просторі E_p .

Припустимо m – ціле число, менше ніж n . Завдання кластерного аналізу полягає у тому, щоб на основі даних, що містяться у множині X , розділити множину об'єктів I на m кластерів $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$ так, щоб кожен об'єкт I_j належав одній і лише одній підмножині розподілу і щоб об'єкти, що належать різним кластерам, були різнорідними (несхожими).

У багатовимірному просторі ознак відстань між точками з координатами (тобто індивідуальними значеннями) визначається у вигляді евклідової відстані:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2}, \quad (2.2)$$

де A_i – значення i – показника групи A ; B_i – значення i – показника групи B .

Коли різні показники мають суттєву розбіжність один відносно одного за розмірністю значення у дужках необхідно нормувати.

Якщо всі показники мають приблизно однаковий вклад при визначенні розподілу на групи з метою кращого урахування

показників більш віддалених один від одного об'єктів використовують квадрат евклідової відстані у виді:

$$P = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i - B_i}{A_i} \right)^2 \quad (2.3)$$

Наведена міра відстані враховує розбіжність у різних видах показників груп, що порівнюються і має більшу чутливість щодо розбіжності показників різних груп.

Інші міри відстані, що використовують при класифікації об'єктів (відстань Хемінга, відстань Чебишева) не мають суттєвих переваг і їх доцільно використовувати при проведенні досліджень об'єктів які не мають суттєвих розбіжностей (відсутні викиди) в окремих показниках [129].

У випадку коли необхідно тільки оцінити можливість належності того чи іншого об'єкта до відповідної групи можна використати наступний критерій

$$\Delta 1_j = a_{j,\max} - b_j, \Delta 2_j = a_{j,\min} - b_j \quad , \quad (2.4)$$

де b_j – значення j - го показника об'єкта дослідження.

Належність об'єкта дослідження до певної групи є виконання умови $\Delta 1_j \geq 0, \Delta 2_j \leq 0$ для всіх $j=1 \dots k$.

Загальний алгоритм розподілу ботанічних сортів на функціонально подібні групи, які передбачаються для подальшого використання шляхом технологічної переробки, може бути наступним. Створюється і вводиться в ЕОМ інформація про «ідеальні показники» груп на які треба поділити загальний масив даних. Потрібна кількість груп визначається шляхом попереднього аналізу за відомими методиками. Також вводяться дані про реальні показники ботанічних сортів які передбачається розділити на групи з метою подальшого дослідження.

Для кожного «ідеального» представника групи також було визначено допустиме максимальне значення відхилення $\rho_{i,\max}$ від «ідеального» значення

$$\rho_{i,\max} = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{a_j - \Delta_j}{a_j} \right)^2}, \quad (2.5)$$

де $\Delta_j = 0,5\Delta_{j,\max}$, $\Delta_{j,\max}$ – максимальна межа відхилення j -го «ідеального» показника, що аналізується.

Таким чином, коли виконується умова $\rho_i \leq \rho_{i,\max}$ то i -й представник може бути включений у дану групу для продовження досліджень.

Аналізуючи (2.5) можна бачити, що допустиме значення ρ_i лежить у межах $0 \leq \rho_{\max}$. Таким чином, чим менше значення ρ_i тим об'єкт дослідження ближче наближається до сукупності показників які вважаються «ідеальними».

2.3.2. Методи математичного моделювання

Під час створення нових рецептур застосовували метод комп'ютерного проектування рецептурних композицій за допомогою лінійного програмування, в основі якого лежить метод багатокритеріальної оптимізації, тобто моделювання рецептурної суміші шляхом варіювання інгредієнтів, які входять до її складу. Задача моделювання зводиться до пошуку деякої області G в n -мірному факторному просторі, яка відповідає заданим вимогам до хімічного складу рецептурної суміші, де n – кількість варіювальних факторів (інгредієнтів, які входять до рецептурної суміші) [130; 131].

Моделювання рецептури починали з побудови цільової функції. Перш за все необхідно було підібрати композицію інгредієнтів для одержання продукту з органолептичними показниками близькими до еталонних та максимально збалансованими за вмістом харчових речовин відповідно до

Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії [132].

Математична постановка задачі оптимізації харчових сумішей має вигляд:

$$\begin{aligned}
 F = \sum_{j=1}^m \left(\frac{B_j - E_j}{E_j} \right)^2 \rightarrow \max \\
 \left. \begin{aligned}
 & \left(\sum_{j=1}^n x_j \right) - 100 = 0 \\
 & a \leq \sum_{j=1}^n \left(\frac{100 - w_j}{100} x_j \right) \leq b \\
 & x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max} \\
 & j = \overline{1, n}
 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

$$\text{де } B_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} X_i}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij} X_i} ;
 \tag{2.7}$$

$$E_j = \frac{l_j}{\sum_{j=1}^m l_j} ;
 \tag{2.8}$$

$$j = \overline{1, m} ,
 \tag{2.9}$$

де w_j – відсотковий вміст води в i -му інгредієнті; a, b – межі вмісту сухих речовин у суміші (вимоги до консистенції); $x_j^{\min}$, $x_j^{\max}$ – межі зміни мас інгредієнтів (вимоги до смаку, запаху і кольору); l_j – еталонний вміст j -ї харчової речовини за нормами фізіологічних потреб; a_{ij} – вміст j -ї харчової речовини в i -му інгредієнті; n – кількість інгредієнтів суміші; m – кількість розглянутих харчових речовин (білків, вуглеводів, мінеральних речовин і вітамінів і т.п.).

У такій постановці маємо задачу умовної (тому що присутні обмеження) нелінійної оптимізації з нелінійною цільовою функцією і лінійними обмеженнями, а також граничними умовами.

Вибір методу рішення

Припустимо, що задача максимізації функції на безлічі має оптимальне рішення M_0 .

$$f = f(M) \quad (2.15)$$

$$\Omega = \{M \in R^n | \Phi_i(M) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m\} \quad (2.10)$$

Нехай ε – деяке позитивне число. Кратка $M_\varepsilon \in \Omega$ називається наближеним рішенням задачі (2.9) – (2.10) з точністю ε , якщо вона задовольняє нерівності: $f(M_0) - f(M_\varepsilon) < \varepsilon$

Звичайно наближене рішення задачі нелінійного програмування (2.9) – (2.10) шукають за допомогою релаксаційного процесу. Релаксаційний процес – це процес побудови послідовних наближень $M_1, M_2, \dots, M_k$, таких, що $M_k \in \Omega (k = 1, 2, \dots)$ і $f(M_{k+1}) > f(M_k)$. При цьому релаксаційний процес називається таким, що сходиться, якщо

$$\lim_{k \rightarrow \infty} f(M_k) = f(M_0).$$

Релаксаційний процес, що сходиться, дозволяв знайти наближене рішення задачі нелінійного програмування з будь-якою заданою точністю. Ідея пошуку екстремуму полягає в наступному:

- 1) задати початкову крапку x_j^0 $j = \overline{1, n}$;
- 2) у заданій крапці x_j^0 визначити напрямки руху на першому кроці β_1 ;
- 3) прийняти величину кроку t_1 ;
- 4) визначити координати кінця першого кроку x_j^1 ;
- 5) обчислити значення ознаки екстремуму на першому кроці;
- 6) перевірити виконання ознаки екстремуму.

Якщо умова ознаки виконується, то приймається, що екстремум знаходиться в крапці x_j^0 , якщо немає – аналогічно виконується другий крок і так далі до виконання умови, що характеризує досягнення екстремуму.

Важливе питання пошуку – ознака досягнення екстремуму. Якщо оптимальне значення цільової функції заздалегідь невідомо, такою ознакою часто є величина відносного збільшення функції на кожній ітерації:

$$\Delta F_k = \frac{F_{k+1} - F_k}{F_k} \quad (2.11)$$

Екстремум вважається досягнутим, якщо $\Delta F_k \leq \Delta F_{\text{зад}}$, де $\Delta F_{\text{зад}}$ – точність, призначувана при рішенні задачі.

Під час рішення даної задачі був обраний метод Ньютонa, в якому використовуються другі похідні, що вимагає обчислень на кожній ітерації, але оптимальне рішення знаходиться за менше число ітерацій, чим у градієнтних методах, у яких використовуються перші похідні.

РОЗДІЛ 3

ТОВАРОЗНАВЧА ОЦІНКА ЯКОСТІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА РОЗРОБКА КРИТЕРІЇВ ЇЇ ВІДБОРУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ З ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ

3.1. Оцінка якості рослинної сировини

Під час органолептичної оцінки висівок та жмиху визначають зовнішній вигляд, колір, запах, смак, наявність хрусту при розжовуванні. Отримані результати представлено в табл. 3.1.

Як бачимо з даних таблиці усі зразки зернових висівок мають зовнішній вигляд сипучого продукту, без домішок, та грудочок, лише у просяних висівках спостерігається на стінках упаковки наявність павутинки, що свідчить про недотримання умов та термінів зберігання.

Колір більшості дослідних зразків – різноманітний (від світло-коричневого до темно-коричневого з різними відтінками) залежно від зернової та олійної культури. Лише вівсяні висівки мали білий колір з кремовим відтінком, жмих з насіння гарбуза – гірчичний колір з зеленуватим відтінком.

Запах зразків – властивий висівкам кожного виду, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий, крім просяних висівок, які відрізнялись дещо затхлим запахом. Висівки гречані, кукурудзяні та лляні характеризувалися особливо яскраво вираженим ароматом, властивим кожному виду зернової або олійної культури.

Смак більшості зразків – властивий кожному виду висівок, трохи солодкуватий, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий. Лише просяні висівки мали дещо згірклий смак, що є результатом недотримання умов або термінів зберігання.

Під час розжовування висівок та жмиху не відчувався хрускіт, що свідчить про відсутність мінеральних домішок у дослідних зразках.

Таблиця 3.1

**Органолептичні показники зразків зернових висівок та
жмиху олійних культур**

Найменування зразка	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак
1	2	3	4	5
Висівки пшеничні	Сухий сипучий продукт, з мілкими грудочками	Краснувато-жовтий з коричневим відтінком	Властивий висівкам без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	Властивий висівкам, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Висівки житні	Сухий сипучий продукт, без щільних грудочок	Світло-коричневий з сіруватим відтінком	Властивий висівкам без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	
Висівки ячмінні	Сухий сипучий продукт, без щільних грудочок	Світло-коричневий з жовтуватим відтінком	Властивий висівкам без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	
Висівки гречані	Сухий сипучий продукт, без грудочок	Світло-коричневий	Властивий висівкам з яскраво вираженим ароматом гречки	
Жмих з зародків кукурудзи	Сухий сипучий продукт, з мілкими грудочками	Світло-жовтий, з коричневим відтінком	Властивий висівкам, з яскраво вираженим ароматом даного виду, не затхлого	

1	2	3	4	5
Жмих з насіння льону	Продукт з мілкими грудочками	Темно-коричневий	Властивий висівкам без сторонніх запахів, приємним ароматом властивому льонові	Властивий висівкам, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Висівки вівсяні	Сухий щільний продукт, з мілкими грудочками	Білий з кремуватим відтінком	Властивий висівкам без сторонніх запахів	
Жмих з насіння кунжуту	Щільний продукт, з грудочками	Світло-коричневий	Властивий висівкам, без сторонніх запахів, не затхлий	
Жмих з ядер насіння гарбуза	Продукт грудочками, щільний	Гірчичний колір з зеленуватим відтінком	Властивий висівкам, без сторонніх запахів, не затхлий що не пліснявий	
Висівки рисові	Сухий сипучий продукт, без грудочок	Світло-коричневий	Властивий висівкам, без сторонніх запахів, не затхлий, що не пліснявий	
Висівки просяні	Сухий продукт без грудочок, на стінках упаковки спостерігається павутинка	Світло-коричневий з сіруватим відтінком	Трохи затхлий, не властивий висівкам	Не кислий, але має невелику згірклість, без сторонніх присмаків

Органолептична оцінка якості ячмінного борошна здійснюється за такими показниками, як колір, запах, смак і наявність хрустоту. Колір визначають візуально, тоді як смак і можливий хрускіт оцінюють під час розжовування. Отримані результати подано в табл. 3.2.

Забарвлення борошна залежить від виду зерна та ступеня його виходу: чим більше частинок оболонки потрапляє до складу, тим темнішим є продукт. Це дозволяє встановити сорт борошна шляхом порівняння з еталонними зразками.

Однією з ключових технологічних операцій у виробництві борошна є помел зерна, який може бути одноразовим або багаторазовим. У першому випадку зерно пропускають через розмелювальну машину один раз, тоді як при повторному помелі процес здійснюється поетапно, з багаторазовим проходженням зерна та його частин через обладнання.

За якісними характеристиками ячмінне борошно поділяють на одностороннє тонкого помелу та оббивне. У борошні тонкого помелу видаляють приблизно 15–17 % висівків, що впливає на його світліший колір – від білого до сіруватого або кремового відтінку. Оббивне борошно, навпаки, має темніше забарвлення та більш неоднорідну структуру частинок.

Запах і смак якісного борошна повинні бути типовими для свіжого продукту. Наявність сторонніх запахів або присмаків, зокрема затхлого, пліснявого, кислого чи гіркого, не допускається.

Перевірку наявності мінеральних домішок здійснюють шляхом розжовування – при цьому не повинно відчуватися хрустоту на зубах.

Згідно з даними таблиці, всі досліджувані зразки ячмінного борошна відповідають вимогам нормативної документації. Вони характеризуються властивим даному виду кольором із характерними відтінками (залежно від типу зерна – голозерного чи півчастого), приємним смаком без ознак кислотності або гіркоти (інколи з легким солодкуватим присмаком), чистим запахом без сторонніх домішок.

Таблиця 3.2
Органолептичні показники зразків борошна з ячменю різних сортів

Зовнішній вигляд	Характеристика	13-301	Беркут	13-976	Омський голозерний 1	Шедер	12-954	Парнас	Алегро	Взірець	14-1183
Колір	Білий з сірим або кремовим відтінком	Білий з світло-кремовим відтінком	Білий з світло-кремовим відтінком	Білий з світло-кремовим відтінком	Білий з світло-кремовим відтінком	Білий з сірим відтінком	Білий з сірим відтінком	Білий з кремовим відтінком	Білий з світло-сірим відтінком	Білий з світло-кремовим відтінком	Білий з світло-кремовим відтінком
Запах	Властивий, без запаху цвілі, затхлості чи іншого стороннього запаху	Властивий, без запаху цвілі, затхлості чи іншого стороннього запаху									
Смак	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти, при розжовуванні солодкуватий	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти, при розжовуванні солодкаватий	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти, при розжовуванні солодкаватий	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти, при розжовуванні солодкаватий	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти, при розжовуванні солодкаватий	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти.	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти.	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти.	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти.	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти.	Прісний, без присмаку, кислоти і гіркоти.
Навність хрусту	Не відчувається	Під час розжовування хруст на зубах не відчувається									

У жодному із зразків не виявлено хрускоту.

Згідно з НТД у зернових висівках та жмиху нормуються такі фізико-хімічні показники: масова частка вологи, масова частка золи, крупність помелу, наявність металомагнітних домішок, відсутність зараженості і забрудненості шкідниками хлібних злаків. Результати визначення фізико-хімічних показників зразків зернових висівок та жмиху наведено у табл.3.3.

Масова частка вологи установлена стандартами на визначеному, оптимальному для даного виробу рівні, залежить від виду зерна і деякою мірою пов'язана з харчовою цінністю, тому що при збільшенні вологості частка харчових речовин зменшується. Цей показник вказує яку кількість вологи містить продукт. Масова частка вологи висівок коливається від 4% (висівки кукурудзяні, лляні, рисові) до 7% (висівки гречані, ячмінні). За НТД вологість у висівках відповідає нормативній документації. За стандартом вона не повинна перевищувати 7%.

Поживність висівок залежить від вмісту в них борошнистих частинок: чим менше в висівках борошна і більше оболонки, тим нижче їх поживна цінність. При наявності 7% золи в висівках міститься мінімальна кількість борошняних частинок, в дрібних борошнистих висівках золи буває 5...5,5%. Масова частка золи за НТД нормується не менше 5,5%, цей показник у дослідних зразках знаходився у межах від 5,5% (висівки гарбузові) до 7,5% (висівки ячмінні, лляні, кунжутні).

Крупність помелу залежить від виду зерна, з якого отримують висівки. За вимогами стандарту залишок на ситі №1 не повинен перевищувати 5,0%, отримані результати всіх дослідних зразків повністю відповідають встановленим вимогам. Металомагнітна домішка не повинна складати більше 3 мг в 1 кг висівок, у дослідних зразках цей показник знаходився у межах від 1,5 до 3,0 мг, що відповідає вимогам НТД. Не було виявлено зараженість і забрудненість шкідниками дослідних зразків висівок та жмиху.

Крупність помелу залежить від виду зерна з якого отримують висівки. За НТД повинна бути не більше 5,0%,

Таблиця 3.3
Визначення фізико-хімічних показників зернових висівок та жмиху олійних культур

Зразки	Масова частка вологи, % не більше		Масова частка золи, % не менше		Крупність помелу, %		Металомагнітна домішка, мг не більше		Зараженість і забрудненість шкідливиками	
	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично
Вівіски пшеничні	Не більше 7 %	6	Не менше 5,5 %	7,0	Не більше 5 %	4,5	Не більше 3,0 мг	1,5	Не допускається	Не допускається
Вівіски житні		6		6,5		5,0		2,0		
Вівіски ячмінні		7		7,5		4,0		3,0		
Вівіски гречані		7		7,0		4,0		2,5		
Жмих з зародків кукурудзи	Не більше 7 %	4		6,5	Не більше 5 %	4,5		2,0		
Жмих з насіння льону		4		7,5		5,0		3,0		
Вівіски вівсяні		6		6,0		4,5		1,5		
Жмих з насіння кунжуту		5		7,5		3,5		2,0		
Жмих з ядер насіння гарбуза	Не більше 7 %	6	Не менше 5,5 %	5,5	Не більше 5 %	5,0	Не більше 3,0 мг	3,0		
Вівіски рисові		4		6,5		4,5		2,5		
Вівіски просіяні		6		6,0		3,5		1,5		

результати відповідають повністю і коливаються від 3,5 % (висівки кунжутні, висівки просяні) до 5,0% (висівки житні, висівки лляні, висівки гарбузові).

Металомагнітна домішка нормується не більше 3 мг, у досліджуваних зразках показник коливається від 1,5 % до 3,0 %, що відповідає НТД.

Зараженість і забрудненість шкідниками зернових висівків за НТД не допускається, що за дослідженнями їх теж не було виявлено.

Головним компонентом висівків, шроту та жмиху є харчові волокна, які характеризуються високою здатністю утримувати вологу завдяки природній капілярній структурі. Вони відзначаються термостійкістю та стійкістю до дії низьких температур, а також сприяють стабілізації структури харчових продуктів.

Тому під час розроблення нових оздоровчих продуктів із використанням цих інгредієнтів важливо враховувати їхні властивості, зокрема здатність до набухання, яка суттєво впливає на рецептуру та технологічні особливості виробництва.

Результати дослідження показників набухання висівків і жмиху різних зернових та олійних культур наведено у табл. 3.4.

Експериментально встановлено, що здатність до набухання значно відрізняється залежно від виду сировини. Найвищі показники зафіксовано для лляного жмиху (278%). Дещо нижчі значення мають гречані (192%), просяні (172%), житні (170%), пшеничні (154%) та рисові (130%) висівки, а також жмих гарбузового насіння (112%), кунжуту (98%) і зародків кукурудзи (84%). Найменшою здатністю до набухання характеризуються ячмінні (58%) і вівсяні (28%) висівки. Така різниця зумовлена відмінностями у ступені подрібнення сировини, а також кількісним і якісним складом гідроколідів.

Відомо, що показник набухання інгредієнтів безпосередньо впливає на в'язкість, пластичність і консистенцію готового продукту. Отже, отримані результати свідчать про необхідність врахування цієї властивості при використанні зернових висівків і жмиху олійних культур для оптимізації технологічних режимів виробництва, досягнення бажаної консистенції та формування

потрібних структурно-механічних характеристик харчових виробів.

Таблиця 3.4
Здатність зернових висівок до набухання

Зразки	Маса пробірки з добавкою, г	Маса пробірки з добавкою та зв'язаною водою, г	Здатність до набухання, %
Висівки пшеничні	38,7	43,4	154
Висівки житні	44	49,6	170
Висівки ячмінні	44,2	47,1	58
Висівки гречані	43,2	49,8	192
Жмих з зародків кукурудзи	40,8	45,0	84
Жмих з насіння льону	39,8	53,7	278
Висівки вівсяні	41,5	42,9	28
Жмих з насіння кунжуту	40,5	45,4	98
Жмих з ядер насіння гарбуза	41,8	47,3	112
Висівки рисові	38,9	42,4	130
Висівки просяні	40,9	45,6	172

Станом на сьогодні державний стандарт (ДСТУ) на ячмінне борошно перебуває на етапі розроблення, тому для оцінювання показників якості використовують узагальнені дані, наведені в наукових джерелах [133–135].

Якість зерно-борошняної продукції визначають також за фізико-хімічними показниками, зокрема вологістю, кислотністю, зольністю, крупністю помелу, вмістом крохмалю, результатами мікроскопічного аналізу, а також кількістю і якістю клейковини. Оцінювання здійснюють на основі середньої проби.

Вологість є важливим показником, що визначає здатність ячмінного борошна до зберігання. Порівняно із зерном, борошно є менш стійким продуктом. Підвищений вміст вологи сприяє активізації мікрофлори та ферментів, що містяться в ньому. Допустимий рівень вологості (14,5–15 %) забезпечує умови, за яких уповільнюються мікробіологічні та біохімічні процеси псування.

У разі перевищення цієї норми ферменти активізуються, що призводить до окиснювальних і гідролітичних процесів розкладання жирів, білків та інших компонентів. Водночас починають інтенсивно розвиватися гнильні бактерії, плісняві гриби та молочнокислі мікроорганізми, використовуючи борошно як поживне середовище. Унаслідок цього продукт швидко накопичує продукти їх життєдіяльності, частина з яких є небезпечною для здоров'я людини [134].

Кислотність борошна є показником його свіжості. Її підвищення свідчить про тривале зберігання або зберігання в несприятливих умовах (висока температура і вологість). Таке борошно потребує ретельнішої органолептичної оцінки, оскільки може мати ознаки прогірклості. Крім того, підвищена кислотність впливає на якість готових виробів, збільшуючи їх кислотність [135].

Зольність характеризує вміст мінеральних речовин у борошні. Вона тісно пов'язана з показником білизни, оскільки обидва відображають ступінь очищення від оболонки зерна. Найвищу білизну та найнижчу зольність має борошно низьких виходів, яке складається переважно з ендосперму і містить мінімальну кількість мінеральних речовин і пігментів. Основна їх

частина зосереджена у зовнішніх шарах зерна і видаляється разом із висівками під час помелу [133].

Ступінь подрібнення борошна також впливає на його властивості, зокрема на водопоглинання, здатність до утворення цукрів та інші споживчі характеристики. Надмірно дрібний помел ячмінного борошна може зменшувати об'єм виробів і сприяти їх швидшому черствінню, а також погіршувати форму подових виробів [135].

Крохмаль у борошні має різну форму і розміри зерен залежно від виду та сорту. Він складається з амілози (внутрішня частина зерна) та амілопектину (зовнішня частина). Стан крохмалю суттєво впливає на властивості тіста і якість хліба. Дрібні та пошкоджені зерна легше зв'язують воду і швидше піддаються ферментативному розщепленню, ніж великі й щільні. Загалом крохмаль характеризується високою водозв'язувальною здатністю [136].

Клейковина об'єднує групу запасних білків, характерних для зерна злакових культур, зокрема пшениці, жита та ячменю. Вона підвищує водопоглинальну здатність борошна та сприяє збільшенню об'єму готових виробів, що дозволяє ефективніше використовувати борошно з високим її вмістом. Результати дослідження фізико-хімічних показників якості зразків ячмінного борошна наведено у табл. 3.5.

За підсумками проведених досліджень встановлено, що всі дослідні зразки відповідають нормативним вимогам: вологість не перевищує 14 %, кислотність — 5 °Т, зольність — до 2 %, крупність помелу — не більше 2 %, вміст крохмалю перебуває в межах 43–68 %, а кількість клейковини становить не менше 28,8 %.

Таблиця 3.5
Дослідження фізико-хімічних показників якості ячмінного борошна

Показник якості	Вимоги	13-301	Беркут	13-976	Омський голозерний 1	Шедер	12-954	Парнас	Алерго	Взірець	14-1183
Масова частка вологи, %	Суша до 14										
	Середньої сухості 15,5										
	Волога до 17 Сира більше 17	13,2	13,0	12,9	13,4	12,7	11	12,2	13,6	11	11,9
Кислотність, Т°	Не більше 5	4,4	4,0	4,1	3,9	3,8	4,2	3,2	4,3	3,5	4,8
Зольність, %	Не більше 2	1,1	1,5	1,6	1,6	1,8	1,2	1,0	1,3	1,6	1,1
Крупність помелу, %	не більше 2	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9
Вміст крохмалю, %	43-68	64,0	64,4	64,5	63,9	61,9	62,0	61,4	61,2	60,4	62,3
Кількість клейковини, %	Не менше 28,8	39,3	33,5	35,2	30,2	37,2	43,4	40,5	48,6	34,8	39,6

3.2. Дослідження вмісту компонентів рослинної сировини з холестеринознижуючою дією

3.2.1. Дослідження якісного та кількісного складу стероїдного комплексу зернових висівків та жмиху олійних культур

Дослідження складу стероїдного комплексу зернових висівків та жмиху олійних культур проводили газохроматографічним методом. Отримані результати наведено в табл. 3.6.

Аналіз отриманих результатів показує, що стероїдний комплекс висівків та жмиху представлений такими стеринами: β -ситостерином, стигмастерином, кампестерином, брасикастерином, сигма-5-авенастерином, сигма-7-стигмастерином, сигма-7-авенастерином та холестерином.

Встановлено, що основним фітостеролом у більшості зразків є бета-ситостерин, зокрема у висівках гречаних, ячмінних, просяних, вівсяних, пшеничних, житніх, жмиху з ядер насіння гарбуза, кунжуту та зародків кукурудзи його питома вага становить від 42,4% до 79,7% від загальної кількості фітостеролів. Рисові висівки та жмих з насіння льону характеризувалися майже однаковою кількістю бета-ситостерина, кампастерину та сигма-7-стигмастерину. Найбільший вміст бета-ситостерину встановлено у висівках проса (476,7 мг/кг) та рису (448,4 мг/кг), найменший – 5,55 мг/кг у вівсяних висівках. Вміст стигмастерину у дослідних зразках знаходився у межах від 69,9 мг/кг (рисові висівки) до 0,29...0,39 мг/кг (вівсяні висівки та жмих з насіння гарбуза).

Майже у всіх видах висівків та жмиху виявлено незначну кількість брасикастерину (1,5...11,2 мг/кг), в окремих зразках (гречаних, вівсяних висівках, жмиху з насіння гарбуза та з зародків кукурудзи) його вміст становив менше 0,1 мг/кг. Лише жмих з насіння кунжуту характеризувався підвищеним вмістом цього фітостеролу – 93,2 мг/кг. Кампастерин міститься у всіх зразках, проте його вміст має значні розбіжності – від 1,4...1,5

мг/кг (висівки проса та жмих з ядер насіння гарбуза) до 402,4 мг/кг (рисові висівки).

Аналогічні розбіжності спостерігаються і за вмістом сигма-5-авенастарину (від 0,59 мг/кг до 50,3 мг/кг), сигма-7-стигмастерину (від 0,88 мг/кг до 638,3 мг/кг) та сигма-7-авенастерину (від 0,69 мг/кг до 376,7 мг/кг).

Підводячи підсумки сумарного вмісту фітостеролів у досліджуваних зразках висівок та жмиху, можна стверджувати, що спостерігаються значні відмінності у якісному та кількісному складі їх стероїдних комплексів. Найвищий вміст зафіксовано у рисових висівках – 1977,0 мг/кг, значно меншу кількість встановлено у вівсяних – всього 9,51 мг/кг. Отримані результати дозволяють розташувати дослідні зразки за загальним вмістом в них фітостеролів в такому порядку: вівсяні висівки (9,51 мг/кг) < жмих з ядер насіння гарбуза (80,89 мг/кг) < висівки ячменю (246,1 мг/кг) < жмих з насіння кунжуту (279,2 мг/кг) < висівки пшеничні (300,3 мг/кг) < висівки житні (344,2 мг/кг) < гречані висівки (351,5 мг/кг) < жмих з зародків кукурудзи (367, 4 мг/кг) < жмих з насіння льону (459,2 мг/кг) < висівки проса (680,6 мг/кг) < рисові висівки (1977,0 мг/кг).

3.2.2. Дослідження якісного та кількісного складу стероїдного комплексу борошна з ячменю

Ячмінь володіє унікальними гіпохолестеринемічними властивостями завдяки вмісту стратегічно важливих для здоров'я людини біологічно цінних нутрієнтів, які приймають участь у важливих процесах вуглеводного і жирового обміну. Згідно літературних джерел, ячмінь має високий вміст фітостеролів – від 820 до 2349 мг/кг (у 100 г міститься 280,9% добової норми), у складі яких переважають β -ситостерин (відповідно – 300,0% добової норми), кампастерин (41,1%) і стигмастерин (42,9%), що зближує ячмінь з житом і відрізняє його від інших злакових культур, в стерольному складі яких істотно домінує β -ситостерин, а вміст інших фітостеролів вкрай малий.

Результати визначення вмісту стероїдного комплексу у борошні з ячменю різних сортів наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Вміст фітостеролів у борошні з ячменю різних сортів

Назва сортів	Фітостероли, мг/кг								
	Бета-ситостерин	Стигмастерин	Холестерин	Брассикастерин	Кампастерин	Сигма-5-авенастарин	Сигма -7-стигмастерин	Сигма-7-авенастерин	Загальна сума
13-301	356,3	4,1	0,1	0,01	163,0	43,1	16,6	2,7	585,91
13-976	307,2	2,8	0,5	0,2	147,7	34,1	8,6	2,8	503,9
Взірець	531,9	13,5	0,6	0,3	290,2	54,3	31,6	80,9	1003,3
Алегро	239,6	6,6	0,5	0,3	133,3	8,9	16,9	4,4	410,5
Парнас	379,9	7,9	0,7	0,4	178,9	33,3	8,7	4,7	614,5
14-1183	372,9	7,7	3,4	0,1	151,1	16,1	14,3	3,6	569,2
Омський голозерний 1	382,6	4,3	0,3	менше 0,01	170,7	30,2	13,4	3,0	604,5
Беркут	256,5	1,2	0,3	0,05	126,9	15,9	7,8	2,7	411,35
12-954	536,5	1,8	1,5	1,9	223,1	67,6	13,1	5,9	851,4
Шедевр	165,1	3,8	0,5	0,04	76,0	15,0	3,8	1,5	265,74

Рекордсменом за загальною кількістю фітостеролів є сорт Взірець (1003,3 мг/кг), найменшу кількість містить сорт Шедевр (265,74мг/кг). Встановлено, що основними фітостеролами у всіх зразків є бета-ситостерин, його питома вага становить близько 50% від загальної кількості фітостеролів та кампастерин – понад 30%. Найменша кількість бета-ситостерина і кампастерина міститься у сорті Шедевр (165,1 мг/кг та 76,0 мг/кг) відповідно. Найбільша у сортах Взірець (531,9 мг/кг і 290,2 мг/кг) й у сорті 12-954 (536,5 мг/кг і 223,1 мг/кг) відповідно.

Найбільшим вмістом стигмастерину володіє сорт Взірець (13,5 мг/кг), найменшим – Беркут (1,2 мг/кг) та 12-954 (1,8 мг/кг). Таких фітостеролів як холестерин і brassicaстерин у зерні ячменю містить дуже мало, практично у всіх сортах. Розбіжності у фітостеролів наступні: вміст сигма-5-авенастерину коливається від 67,6 мг/кг (12-954) до 8,9 мг/кг (Алегро); Сигма -7- стигмастерину від 31,6 мг/кг (Взірець) до 3,8 мг/кг (Шедевр); Сигма-7- авенастерину від 80,9 мг/кг (Взірець) до 1,5 мг/кг (Шедевр).

Отримані результати дозволяють розташувати дослідні зразки за загальним вмістом в них фітостеролів в такому порядку: Шедевр (265,74 мг/кг) < Алегро (410,5 мг/кг) < Беркут (411,35 мг/кг) < 13-976 (503,9 мг/кг) < 14-1183 (569,2 мг/кг) < 13-301 (585,91 мг/кг) < Омський голозерний 1 (604,5 мг/кг) <

Парнас (614,5 мг/кг) < 12-954 (851,4 мг/кг) < Взірець (1003,3 мг/кг).

3.2.3. Дослідження вмісту β -глюканів у ячмінному борошні

Відомо, що молекулярна будову і структурна організація β -глюканів ячменю є важливими детермінантами його фізичних властивостей, таких як розчинність у воді, в'язкість (здатність до гелеутворення), перетравність. Все це обумовлює функціональність зазначеного полісахариду і його фізіологічні функції в шлунково-кишковому тракті людини [15, 16].

Доведено, що (1,3; 1,4)- β -D-глюкани сприяють зниженню рівня холестерину та глюкози в крові, зменшують імовірність розвитку серцево-судинних захворювань і цукрового діабету, а також є ефективними у профілактиці й лікуванні низки серйозних хвороб, зокрема раку кишечника. Крім того, вони допомагають контролювати масу тіла, забезпечуючи тривале відчуття ситості, зміцнюють імунітет і проявляють антимікробні властивості.

Було проведено дослідження вмісту β -глюканів у зразках ячмінного борошна різних сортів, результати якого наведено у табл. 3.8.

Аналіз отриманих даних показав, що найвищий вміст β -глюканів характерний для борошна сорту Алегро. Водночас найнижчі показники зафіксовано у сортів Шедевр і Беркут. За

кількісним вмістом цього полісахариду досліджувані сорти можна розташувати в такій послідовності (від більшого до меншого): Алегро – 313-301 – Омський голозерний 1 – 14-1183 – 13-976 – 12-954 – Парнас і Взірець – Шедевр – Беркут.

Таблиця 3.8
Вміст β -глюканів у борошні з ячменю різних сортів

Назва сорту ячменю, з якого виготовлено борошно	Вміст β -глюканів, мг/100 гр
Омський голозерний 1	430
Алегро	478
Шедевр	176
12-954	411
Парнас	405
13-301	464
Беркут	46
13-976	418
Взірець	405
14-1183	428

Таким чином, завдяки високому вмісту розчинних харчових волокон – β -глюканів – в клітинних стінках ендосперму зерна в борошні з ячменю сорти Алегро, 313-301, Омський голозерний 1, 14-1183, 13-976, 12-954, Парнас і Взірець розглядаються як перспективний вид харчового продукту, що сприяє зменшенню ризику серцево-судинних захворювань.

3.3. Розробка рекомендацій щодо відбору рослинної сировини для виробництва харчових продуктів з холестеринознижуючим ефектом

При формуванні пріоритетів у галузі здорового і безпечного харчування слід враховувати наступні рекомендації:

- при виробництві харчових продуктів слід використовувати вітчизняну сировину, компоненти та різноманітні дієтичні добавки, які є безпечними для здоров'я людини;

- продукти, які споживаються населенням, не повинні завдавати шкоди здоров'ю;

- кожен продукт повинен не тільки задовольняти фізіологічні потреби людського організму в життєво необхідних речовинах, але й виконувати профілактичні та лікувальні функції, включаючи і виведення із організму шкідливих речовин.

В теперішній час основними тенденціями на світовому ринку харчової індустрії є: ріст сегменту продуктів функціональної спрямованості, широке використання натуральних інгредієнтів та орієнтація на концепцію здорового харчування. На сьогодні науково доведено, що одним із основних факторів ризику захворювання коронарної артерії, яка являється головною причиною хронічних серцево-судинних патологій, є підвищений рівень холестерину в сироватці крові (гіперхолестеринемія). В сучасному світі проблема підвищеного холестерину набуває глобальних масштабів. Згідно з показниками світової статистики 32% випадків ішемічної хвороби серця пов'язане з високим рівнем холестерину в крові. В цілому, підвищений гіперхолестеринемічний стан є причиною 2,6 млн. смертей, 29,7 млн. випадків непрацездатності. Малорухливий спосіб життя, незбалансоване харчування та шкідливі звички – основні причини, що сприяють утворенню ліпідних бляшок у сосудах, розвитку атеросклерозу, інфарктів, інсультів.

Відомо, що 3/4 всього холестерину організм виробляє сам, але 1/4 надходить з їжею. Достатньо важливим засобом зниження рівня холестерину в крові є правильно скорегований раціон харчування, який містить, перш за все, фрукти, овочі, зернові та

бобові культури та має обмеження за вмістом тваринних жирів (масла, маргарину), цукру, вершків тощо.

Одним із напрямків у виробництві харчових продуктів, що характеризується високим потенціалом, є застосування в технологіях нетрадиційної рослинної сировини з новими функціональними властивостями. Це, зазвичай, вироби, які створені шляхом комбінування декількох видів борошняної сировини, що є потужним фактором регулювання споживних властивостей готових виробів.

При розробці продукції, окрім унікальних біохімічних властивостей, нетрадиційні види сировини повинні виконувати певні функціонально-технологічні властивості для створення виробів з високими органолептичними властивостями (смаком, ароматом, структурою) та забезпечувати їх якість в процесі зберігання.

Серед інноваційних і перспективних сировинних інгредієнтів для створення нового асортименту виробів з холестеринзнижуючим ефектом, особливої уваги заслуговують борошно з ячменю, висівки різних зернових культур та жмих олійних культур. При розробці технологій зернових продуктів з дієтичними властивостями слід звернути увагу на некрохмалисті вуглеводи, в першу чергу, на β -глюкани і фітостіроли. Продукти, що містять ці компоненти, сприяють зниженню холестерину в крові, запобігають захворюванню на діабет 2 типу.

На вміст β -глюканів у ячмінному борошні впливає ряд факторів, а саме:

генетичний фактор і параметри зовнішнього середовища, погодні умови; сортовий та типовий розподіл зернової сировини; умови зберігання тощо.

Кількість розчинних β -глюканів ячмінного борошна знижується під час зберігання, особливо за температури 25 °С. поряд з цим вплив цього фактору нівелюється за температурного режиму близько 8 °С. за цих умов кількість β -глюканів залишалась постійною протягом 6 місяців зберігання.

Дослідження показують, що молекулярна будова і структурна організація β -глюканів у ячмінному борошні є важливими детермінантами їх фізичних властивостей, таких як розчинність у воді, в'язкість (здатність до драглеутворення)

тощо. Це обумовлює їх функціональні властивості та вплив на організм людини і якість продуктів.

Борошно ячменю, що багате на β -глюкани та має знижений вміст крохмалю містить меншу кількість води (збільшену частку сухих речовин). Це відбувається завдяки меншій здатності зв'язувати воду у клітинних стінках ендосперму ніж у кристалічних структурах крохмалю.

Харчові продукти, отримані на основі ячмінного борошна з низьким вмістом крохмалю і підвищеним – β -глюканів, завдяки високому вмісту розчинних і нерозчинних харчових волокон і низькій енергетичній цінності, можуть мати важливе значення у низькокалорійній дієті людини та виробництві продуктів функціональної направленості.

Однак, за підвищеного вмісту β -глюканів у ячмені зменшуються напрями його використання як кормового компоненту та у пивоварінні.

Відомо, що здатність до набухання інгредієнтів впливає на в'язкість, пластичність, консистенцію продукту. Отже, отримані результати визначення ступеню набухання висівок різних зернових культур та жмиху олійних культур підтверджують, що під час їх додавання необхідно враховувати раціональні режими технологічного процесу виробництва продуктів харчування для забезпечення їх оптимальної консистенції, формування необхідних структурно-механічних властивостей. Таким чином, ця властивість дозволяє використовувати даний вид рослинної сировини як стабілізатор харчових продуктів.

Висновки до розділу

1. Проведено оцінку якості обраних для дослідження висівок 7 зернових культур, жмиху 4 олійних культу та борошна з ячменю 10 сортів, найбільш поширених для вирощування в Україні. Під час дослідження визначено органолептичні та фізико-хімічні показники. Встановлено, що за зовнішнім виглядом, кольором, запахом, смаком та наявністю хрусту всі зразки відповідали встановленим НТД вимогам. Масова частка води, зольність, крупність помелу висівок, жмиху та ячмінного борошна всіх досліджуваних зразків також знаходились у межах

допустимих норм. Не було виявлено наявності металоманітної домішки та зараженість шкідниками. У відповідності з нормативною документацією в борошні з ячменю додатково визначено кислотність, вміст крохмалю та кількість клейковини. Всі ці показники відповідають нормам нормативних посилань. За кислотністю та вмістом крохмалю не встановлено суттєвих розбіжностей між зразками борошна з ячменю різних сортів. Дослідні зразки борошна відрізнялись кількістю клейковини залежно від сортової специфіки ячменю, з якого вони були виготовлені.

2. Визначено здатність до набухання зернових висівок та жмиху олійних культур, оскільки основною складовою частиною їх є харчові волокна, які володіють підвищеною влагоутримуючою здатністю за рахунок природної капілярної структури волокон. В результаті експериментальних досліджень встановлено суттєву різницю здатності до набухання висівок та жмиху залежно від виду зернової та олійної культури. Найбільший показник виявлено у льняному жмиху (278%), найнижчий – в ячмінних (58%) та вівсяних (28%) висівках. Отже, під час розробки нових продуктів з додаванням цих інгредієнтів необхідно враховувати їх здатність до набухання для встановлення раціонального режиму технологічного процесу виробництва, забезпечення оптимальної консистенції, формування необхідних структурно-механічних властивостей продукту.

3. В рослинній сировині, що було обрано для дослідження, визначено вміст компонентів з холестеринознижуючою дією, а саме: досліджено якісний і кількісний склад стероїдного комплексу висівок, жмиху та ячмінного борошна, визначено вміст β -глюканів у борошні з ячменю різних сортів. Отримані результати дозволяють зразки висівок та жмиху розташувати за загальним вмістом в них фітостеролів в такому порядку: вівсяні висівки < жмих з ядер насіння гарбуза < висівки ячменю < жмих з насіння кунжуту < висівки пшеничні < висівки житні < гречані висівки < жмих з зародків кукурудзи < жмих з насіння льону < висівки проса < рисові висівки. Серед зразків борошна найвищий

вміст фітостеролів визначено у борошні з ячменю сорту Взірець, найнижчий (майже у 4 рази) – сорту Шедевр.

Відносно якісного складу встановлено, що основним фітостеролом у більшості зразків (у висівках гречаних, ячмінних, просяних, вівсяних, пшеничних, житніх, жмиху з ядер насіння гарбуза, кунжуту та зародків кукурудзи) є бета-ситостерин, його питома вага становить від 42,4% до 79,7% від загальної кількості фітостеролів. Рисові висівки та жмих з насіння льону характеризувалися майже однаковою кількістю бета-ситостерина, кампастерину та сигма -7- стигма стерину. У борошні з ячменю різних сортів основними фітостеролами є бета-ситостерин (його питома вага становить близько 50% від загальної кількості фіто стеролі) та кампастерин (понад 30).

За вмістом β -глюканів лідером є ячмінь сорту Алегро. Досить низьким вмістом володіють сорти Шедевр та Беркут. За кількісним вмістом даного полісахариду сорти борошна можна розподілити наступним чином (від більшого к меншому): Алегро > Омський голозерний 1 > 14-1183 > 13-976 > 12-954 > Парнас і Взірець > Шедевр > Беркут.

4. Науково обґрунтовано та розроблено рекомендації щодо відбору рослинної сировини для виробництва продуктів з холестеринознижуючим ефектом. Головним критерієм відбору є наявність та вміст компонентів сировини, що володіють гіпохолестеринемічною дією, а саме фітостеролів, харчових волокон, β -глюканів, есенціальних фосфоліпідів, ненасичених жирних кислот, окремих вітамінів та мінеральних речовин.

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ

З ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

4.1. Використання системного підходу до вирішення проблеми дефіциту фітостеролів

Останнім часом системний підхід широко використовується як у теоретичних, так і в прикладних наукових дослідженнях. Більшість підходів системного аналізу мають структуроцентричний характер, вивчають зв'язки між об'єктом і навколишнім середовищем, між елементами всередині системи, не приділяючи належної уваги чинникам, які мають вплив на систему. Найкращим рішенням є методологічний алгоритм системного підходу, запропонований Е.Г. Винограєм [137].

На першому етапі системного аналізу визначена актуальна проблема – дефіциту фітостеролів у раціонах харчування населення, розглянута в першому розділі монографії. Ця проблема є частиною більш серйозної проблеми – широкого розповсюдження аліментарних хвороб та зниження якості життя. У першому розділі монографії визначено також основні способи подолання дефіциту фітостеролів. На основі цих результатів як систему, що вирішує проблему, нами обрано харчові продукти з високим вмістом фітостеролів та продукти, вміст фітостеролів у яких максимально використано за допомогою технологічних операцій. Обрана система дозволить здійснити профілактичні дії як для масової (у санаторіях), так і для індивідуальної профілактики.

Для вирішення цієї актуальної проблеми нами визначена мета – заповнити дефіцит фітостеролів у організмі й тим самим покращити здоров'я населення. Для досягнення мети сформульовані завдання, які визначають модель корекції дефіциту фітостеролів у раціоні харчування:

- вивчення причин виникнення дефіциту фітостеролів та визначення способів його подолання;

- обґрунтування асортименту холестеринознижувальної харчової продукції;
 - розробка рецептур та технологій виробництва нових продуктів;
 - підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів за допомогою медико-біологічних досліджень;
 - розробка харчового раціону з використанням нової продукції;
 - доведення розроблених продуктів до споживача.
- Критеріями оцінки досягнення мети є:
- органолептичні показники холестеринознижувальної харчової продукції та її асортимент, які мають відповідати вимогам споживачів (1);
 - гарантований вміст фітостеролів у продуктах та раціоні харчування (2);
 - профілактична ефективність – головний критерій, який підтверджує покращення здоров'я людини (3).

Критерії (1) і (2) використовуються на стадії розробки продуктів та раціону харчування. Критерій (3) може використовуватися тільки для продукту, який виробляється та споживається. Розглянемо детальніше кожен етап наведеного алгоритму системного підходу.

Вивчення причин виникнення дефіциту фітостеролів та визначення способів його подолання. Результати дослідження за цим етапом наведено в першому розділі. Ключовими чинниками, які впливають на кінцевий результат, є: держава, що виконує директивні функції; споживачі, які є об'єктами дослідження; виробник, який здійснює дослідження. Держава провадить політику в галузі харчування. Прийнята у 2019 році «Стратегія сталого розвитку України до 2030 року» визначає розробку харчових продуктів із підвищеним вмістом функціональних нутрієнтів як одного з перспективних способів покращення харчування населення і здоров'я загалом.

Обґрунтування асортименту холестеринознижувальної харчової продукції. Деякі результати (просяних висівок, жмиху, борошна з ячменю різних сортів) наведено в першому та третьому розділах. Крім того, цей етап має включати маркетингові дослідження. Ключовими чинниками, які

впливають на кінцевий результат, є: держава, що законодавчо закріплює можливість розробки продуктів спеціального призначення; споживачі, які є носіями споживчих переваг; виробник, який формує асортимент продукції та обирає продукти-аналоги; ринок, який є об'єктом дослідження асортименту продукції.

Розробка рецептур та технологій виробництва нових продуктів. Цей етап найбільш важливий для створення холестеринознижувальної харчової продукції. На цьому етапі закладаються та формуються споживні властивості й показники якості нових продуктів, які визначають їх конкурентоспроможність. Ключові чинники успішної реалізації системи: держава, що активно впроваджує законодавчі акти в галузі здорового харчування; споживач як ключова фігура, оскільки є об'єктом дослідження попиту на продукцію з арахісу, гречки та проса; виробник, який має фахівців для реалізації системи; упаковка та термін зберігання, які впливають на можливі витрати; ринок, який має вплив на стадії реалізації продукту.

Підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів. За допомогою медико-біологічних досліджень на цьому етапі підтверджується профілактика аліментарних хвороб у разі вживання нових продуктів та покращення стану здоров'я. Ключові чинники цього етапу: держава, що проводить державне регулювання; виробник, який проводить дослідження.

Розробка харчового раціону з використанням нової продукції. На цьому етапі вирішення проблеми дефіциту фітостеролів здійснюється за рахунок корегування раціону (не пропонуючи способів лікування), а саме використання поряд із традиційним харчуванням нових продуктів з просяних висівок, жмиху, борошна з ячменю різних сортів. При цьому споживач має можливість вибору і збереження традиційного раціону, у нього відсутні відчуття «стану хвороби», такий спосіб корегування дешевше (собівартість розроблених продуктів значно менша, ніж продуктів зарубіжного виробництва, збагачених фітостеролами). Ключові чинники цього етапу: держава, що контролює якість і безпечність харчових продуктів; виробник, який здійснює виробництво нової продукції;

споживач, який створює споживчі переваги; ринок, який використовує механізм просування товару; умови зберігання та транспортування, які забезпечують збереження якості та безпечності продуктів.

Доведення розроблених продуктів до споживача. На цьому етапі здійснюється комплекс заходів з упровадження результатів дослідження у виробництво на підприємствах харчової промисловості та закладів ресторанного господарства, а також підвищення рівня інформованості населення з питань значення фітостеролів і профілактики їх дефіциту за допомогою нових продуктів. Ключовими чинниками на цьому етапі є ті самі, що і на попередньому.

Важливим елементом системного аналізу є облік невизначеності й ризику. У нашому випадку можливі такі варіанти невизначеності та ризику:

- ігнорування важливості проблеми і небажання чиновників діяти в рамках Концепції про здорове харчування, оскільки це потребує додаткових матеріальних затрат;

- під час розробки продуктів спеціального призначення недопустиме використання харчових добавок штучного походження (консервантів, барвників тощо);

- недостатній рівень проінформованості споживачів у галузі раціонального харчування, значення фітостеролів для організму людини;

- низький рівень доходів населення, що не дозволяє забезпечити профілактику аліментарних хвороб за рахунок споживання продуктів харчування, які дорого коштують;

- більш жорсткі вимоги до зберігання продуктів, що є непривабливими для продавців;

- поява на ринку альтернативної системи, яка вирішуватиме ту саму актуальну проблему.

Вивчення невизначеностей та ризиків, які можливі для обраної нами системи, дозволяє встановити етапи, на яких вони можуть виникнути, і способи їх подолання.

Таким чином, за допомогою системного підходу запропонована модель корегування дефіциту фітостеролів із використанням нових продуктів та раціону харчування на їх основі, яка може бути покладена в основу розробки однорідних

груп продуктів із підвищеним вмістом мікронутрієнтів. Використання цієї моделі дозволить також довести нові продукти до споживача, роблячи свій внесок у вирішення проблем аліментарних хвороб населення.

4.2. Формування якості сиркових десертів з гіпохолестеринемічною дією

Молоко і молочні продукти є одними з затребуваних продуктів харчування населення нашої країни. Саме тому їх збагачення зерновими інгредієнтами можна розглядати як найбільш надійний спосіб ліквідації дефіциту корисних нутрієнтів, поліпшення харчування населення. Для створення нових продуктів з холестеринознижуючим ефектом було обрано сиркові вироби з додаванням просяних висівок та борошна з ячменю сорту Взірець. Вибір саме цих інгредієнтів обумовлено значним вмістом в них фіто стеролів.

4.2.1. Обґрунтування рецептурного складу сиркових десертів з додаванням зернової сировини

Під час розробки сирних десертів з використанням зернових інгредієнтами необхідно враховувати їх функціонально-технологічні властивості для визначення способу їх підготовки і внесення.

Просяні висівки та ячмінне борошно володіють досить високою волого поглинальною здатністю. У зв'язку з цим дані наповнювачі доцільно вносити у знежирений сирний продукт з підвищеним вмістом води. Таким чином, частина цінного компонента – сироватки, не видаленої під час пресування, поглинається зерновими наповнювачами, збагачуючи продукт сироватковими білками, мінеральними речовинами і лактозою. Процес набухання просяних висівок і ячмінного борошна досліджували на здатність зв'язувати воду під час набухання, швидкість поглинання води, збільшення об'єму.

В якості дисперсійного середовища досліджували воду, обезжирене молоко і сирну сироватку, отриману під час

виробництва нежирного сиру. Температурні параметри (25, 55, 85°C) контролювали протягом 1 год. Результати визначення волого поглинальної здатності просяних висівок та ячмінного борошна наведено на рис. 4.1 та 4.2.

Дані показують, що процес набухання просяних висівок і ячмінного борошна залежить від виду дисперсійного середовища і способу термічної обробки зернового компонента, так як із збільшенням температури зростала ступінь набухання зразків. Максимальна ступінь набухання висівок і борошна зафіксована у воді за температури 85 °C і склала 236% – для висівок, 284% – для вівсяного борошна.

У знежиреному молоці процес набухання протікав менш інтенсивно, ніж у воді і сироватці. Однак максимальне значення ступеня набухання висівок і ячмінного борошна в знежиреному молоці знаходилося також за температури 85°C і склало 205% – для висівок і 231% – для борошна. Середнє значення ступеня набухання спостерігалось у сироватці за тієї ж температури (85°C) і,

відповідно, склало 222% – для висівок , 260% – для борошна.

Результати дослідження водо поглинальної здатності просяних висівок і ячмінного борошна під час набухання залежно від виду дисперсійного середовища і температури представлено в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1
Водопоглинальна здатність просяних висівок

Температура, °C	Вид дисперсійного середовища		
	сироватка	молоко	вода
25	71	35	49
55	137	104	122
85	198	129	163

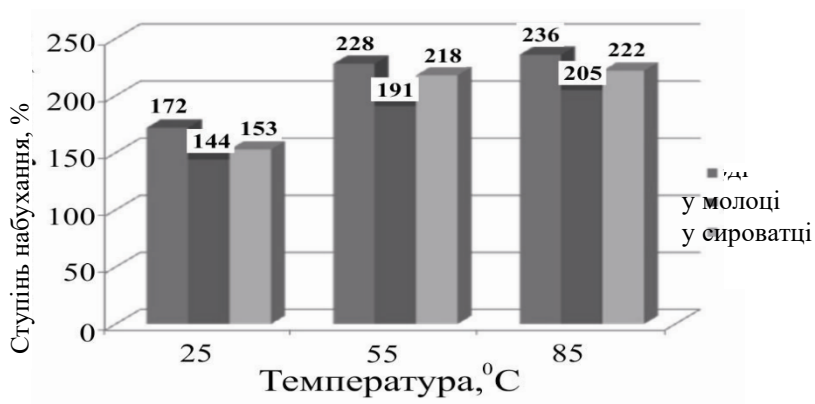


Рис. 4.1 – Ступінь набухання просяних висівок

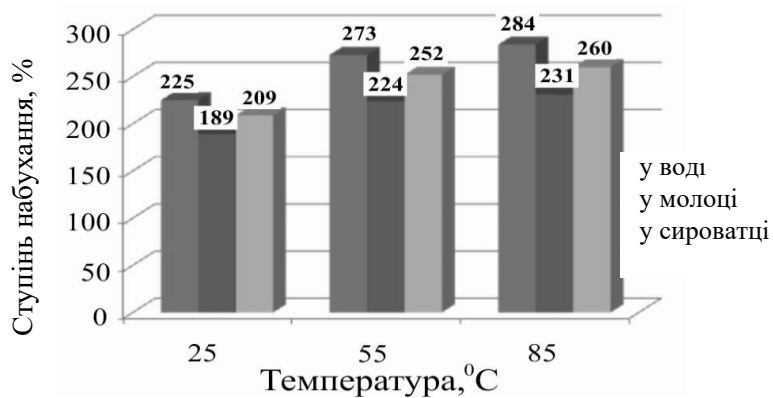


Рис. 4.2 – Ступінь набухання ячмінного борошна

Оскільки крохмальні полісахариди ячмінного борошна частково зруйновані, то під час набухання певна їх частка (низькомолекулярні фракції) дифундує в розчин. Високе водопоглинання висівок пов'язане з високим вмістом харчових волокон (клітковини, геміцелюлоз, пектину), які володіють гідрофільними властивостями. Пориста структура просяних висівок також сприяє проникненню вологи у міжклітинний простір.

Процес змішування просяних висівок та ячмінного борошна з різними середовищами супроводжувався значним збільшенням їх в обсязі, що свідчить про інтенсивне вологопоглинання. Час набухання всіх дослідних зразків в середньому становить від 5 до 7 хв. за температур 55 і 85 °С як найбільш оптимальних.

Таблиця 4.2

Водопоглинальна здатність ячмінного борошна

Температура, °С	Вид дисперсійного середовища		
	вода	молоко	сироватка
25	80	40	64
55	197	127	162
85	221	159	203

Досліджено кінетику набухання зернових інгредієнтів (швидкість поглинання вологи) в часі за початкової температури дисперсійного середовища (молока, води, сироватки) 85 °С (рис. 4.3 та 4.4).

На першому етапі – відбувається інтенсивне проникнення рідини всередину зернових, в результаті чого ступінь набухання досягає максимального значення. На другому – проходить часткова зміна фізичних властивостей зернових інгредієнтів, що проявляється в переході сухих речовин в рідину.

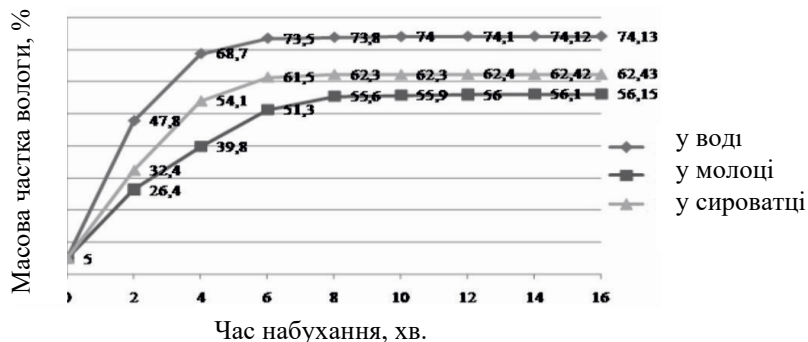


Рис. 4.3 – Швидкість поглинання води просіяними висівками

Зернові інгредієнти набухають обмежено, при цьому відбувається екстрагування низькомолекулярних фракцій у розчин. Даний процес можна умовно розділити на два етапи. Причому характер цього процесу для різних видів дисперсійного середовища та зернових наповнювачів однаковий.

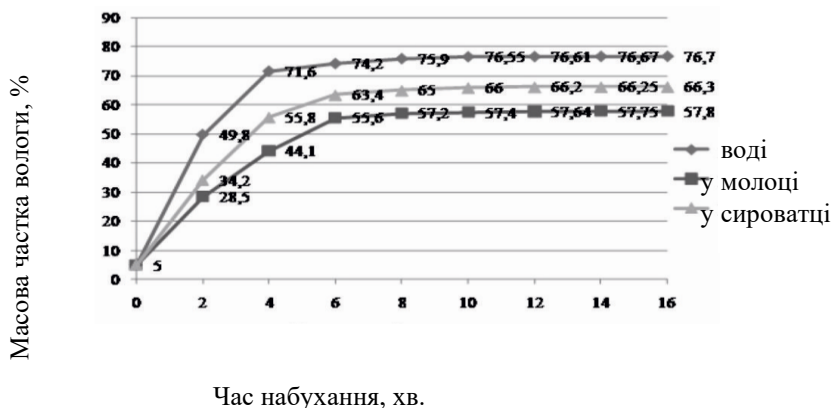


Рис. 4.4 – Швидкість поглинання води ячмінним борошном

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що після внесення зернових інгредієнтів у воду і перемішування відбувається активне поглинання води. Після 5 хв. контакту висівок з водою масова частка зв'язаної води склала $(70,2 \pm 0,1)\%$ ($93,6\%$ від всієї зв'язаної води), через 10 хв. – $(74,0 \pm 0,1)\%$. Під час подальшої витримки висівок набухання збільшилося незначно і після закінчення 60 хв. склало $(75,0 \pm 0,1)\%$. Протягом другої години з початку проведення досліду поглинання води не відбувалося.

Швидкість поглинання води в знежиреному молоці була трохи нижче, ніж у воді, а в сироватці вона мала середнє значення. Процес вологопоглинання ячмінного борошна у воді протікає аналогічно вищеописаному, проте через 5 хв. вміст води склав $(72,4 \pm 0,1)\%$, що становило $93,3\%$ від всієї поглинутої води, через 60 хв. – $(77,6 \pm 0,1)\%$.

Подані результати дослідження процесів набухання зернових наповнювачів у різних дисперсійних середовищах – воді, молоці та молочній сироватці – свідчать про таке: у водному середовищі ступінь набухання зернових є вищим на $1,25\text{--}1,5\%$ порівняно з сироваткою. Це пояснюється наявністю у воді поверхнево-активних речовин, які адсорбуються на поверхні частинок наповнювача, формують захисний шар і частково обмежують проникнення рідини.

Водночас застосування молочно-рослинних систем (молочна сироватка у поєднанні із зерновими компонентами) у технології сиркових десертів дозволяє підвищити їхню біологічну цінність. Це зумовлено наявністю в сироватці білкових фракцій (приблизно 90% альбумінів і глобулінів та близько 10% залишкового казеїну), вуглеводів (до 90% лактози та $0,7\text{--}1,8\%$ глюкози), широкого спектра вітамінів (β -каротин, А, Е, В1, В2, В6, холін, РР, С, сліди В13 і В15), органічних кислот (молочна, пропіонова, мурашина, лимонна), мінеральних речовин (іони калію, натрію, магнію, кальцію, а також аніони кислот) і біологічно активних компонентів, зокрема імунних тіл та гормонів [52].

З огляду на наведені переваги як дисперсійне середовище було обрано молочну сироватку.

Аналіз даних, отриманих при вивченні функціонально-технологічних властивостей просяних висівок та ячмінного борошна, дозволив встановити, що вони володіють високим вологопоглинанням. Встановлено, що у молочній сироватці зі збільшенням температури дисперсійного середовища до 85°C вологопоглинання зростає, покращуються органолептичні показники і структурно-механічні властивості, що дозволяє прогнозувати отримання якісного сирного десерту.

4.2.2. Математичне моделювання рецептурного складу розроблених сиркових виробів

З метою встановлення оптимальних параметрів попередньої підготовки зернових інгредієнтів перед їх внесенням у молочно-білкову основу було проведено дослідження комплексного впливу кількості молочної сироватки (X_1), вмісту зернових наповнювачів (X_2) та температури процесу набухання (X_3) на функціонально-технологічні властивості сформованих молочно-рослинних систем. Як вихідні показники розглядали масову частку води (Y_1), активну кислотність (Y_2) та вологоутримуючу здатність (Y_3).

На основі математико-статистичної обробки експериментальних даних отримано адекватні рівняння регресії для всіх досліджуваних зернових, які мають такий вигляд:

$$Y_{1(W)} = 60,843 + 10,375x_1 - 9,225x_2 + 0,395x_1x_2 + 7,462x_1^2 + 7,463x_2^2 - 7,463x_3^2,$$

$$Y_{2(pH)} = 4,115 - 0,05x_1 + 0,05x_2 - 0,012x_1x_3 + 0,25x_2x_3 - 0,031x_2^2 + 0,019x_3^2,$$

$$Y_{3(BV3)} = 63,464 - 13,137x_1 + 13,01x_2 + 2,174x_3 + 1,04x_1x_2 - 1,552x_1x_3 + 3,28x_2x_3 - 6,289x_1^2 - 6,284x_2^2 + 6,286x_3^2$$

Визначивши умови набухання молочно-рослинних систем побудували математичну залежність, яка дозволяє провести оптимізацію і визначити характер впливу на технологічні

показники концентраційних співвідношень інгредієнтів, що використовуються.

Відповідно до поставленої мети роботи, при розробці десертів сиркових із зерновими інгредієнтами особлива увага приділялась рішенням наступних задач: оптимальний підбір рецептурних компонентів; отримання максимально можливого вмісту харчових волокон та фіто стеролів.

Також було визначено ряд обмежень: по набору сировини; по мінімально припустимому вмісту харчових волокон, фітостеролів, вітамінів групи В, РР, калію; для кращого засвоєння сиркових десертів було обрано оптимальне співвідношення Са, Р, Mg – (Са: Р: Mg = (0,8...1,0) : (1,0...1,5) : (0,3...0,5);

У якості факторів обирали: X_1 – нежирний кисломолочний сир, X_2 – сироватка, X_3 – цукор-пісок, X_4 – яблучний пектин, X_5 – лимонний сік, X_6 – висівки просяні (ячмінне борошно) [102].

В основу критеріїв оптимізації рецептури сиркових десертів покладено наявність у його складі просяних висівок та ячмінного борошна (табл. 4.3., 4.4).

Таблиця 4.3
Критерії оптимізації просяних висівок

Критерії	Окремі цілі за специфічними критеріями
Обмеження по набору сировини	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 100$
Мін та мах припустима кількість сировини	$40 \leq x_1 \leq 50;$ $6 \leq x_2 \leq 8;$ $11 \leq x_3 \leq 13;$ $7 \leq x_4 \leq 9;$ $1 \leq x_5 \leq 2;$ $2 \leq x_6 \leq 6.$
Мах припустима кількість жиру	$0,006 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,004 \cdot x_4 +$ $0,056 \cdot x_6 \leq 8$
Мін припустимий вміст харчових волокон	$0,017 \cdot x_4 + 0,013 \cdot x_5 + 0,082 \cdot x_6 \geq$ $0,2$

Мін припустимий вміст вітамінів групи В	$0,0004 \cdot x_1 + 0,0003 \cdot x_2 + 0,0002 \cdot x_5 + 0,2 \cdot x_6 \geq 0,5$
Мін припустимий вміст вітаміну РР	$0,0064 \cdot x_1 + 0,002 \cdot x_2 + 0,0008 \cdot x_5 + 1,4 \cdot x_6 \geq 6$
Критерії	Окремі цілі за специфічними критеріями
Оптимальне співвідношення Са:Р	$z = 0,7 \dots 0,8$ $1,76 \cdot x_1 + 0,90 \cdot x_2 + 0,02 \cdot x_3 + 7 \cdot x_4 + 0,06 \cdot x_5 + 9,5 \cdot x_6 = z(2,24 \cdot x_1 + 0,83 \cdot x_2 + 3 \cdot x_4 + 0,18 \cdot x_5 + 9,5 \cdot x_6)$
Оптимальне співвідношення Р:Мg	$q = 3 \dots 3,3$ $2,24 \cdot x_1 + 0,83 \cdot x_2 + 3 \cdot x_4 + 0,18 \cdot x_5 + 9,5 \cdot x_6 = q(0,24 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,8 \cdot x_4 + 0,14 \cdot x_6)$
Мах енергетична цінність	$0,86 \cdot x_1 + 1,18 \cdot x_2 + 3,79 \cdot x_3 + 3,62 \cdot x_4 + 0,25 \cdot x_5 + 2,15 \cdot x_6 \leq 160$

На основі використання методів експериментально-статистичного моделювання розроблено ряд математичних моделей, що дає можливість обирати співвідношення компонентів в сиркових výroбах залежно від їх технологічних показників (маси і вологи молочно-білкової основи та співвідношення компонентів в молочно-рослинній системі).

Дослідження кінетики набухання зернових інгредієнтів у молочній сироватці та їх функціонально-технологічних властивостей дозволило встановити оптимальні параметри підготовки молочно-рослинних систем та масову частку їх компонентів. Так, співвідношення молочної сироватки до просяних висівок та ячмінного борошна складає 4:1 та 3,5:1 відповідно, температура пастеризації сироватки $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$, витримування 15-20 хв. до охолодження $(42 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Оптимальні дози внесення зернових інгредієнтів в сиркові десерти визначали органолептичним способом. Вони становлять для зразків з борошном ячмінним екструдованим – $4,0 \pm 0,5\%$ до маси молочно-білкової основи, з висівками просяними харчовими – $2,5 \pm 0,5\%$.

Проведені дослідження дозволили розробити рецептури сиркових виробів з додаванням просяних висівок та ячмінного борошна, що отримали назви «Зернятко», «Ячмінка» (табл. 4.5). Можна припустити, що зернові наповнювачі у технології сиркових виробів доцільно використовувати для стабілізації структури десерту, покращення показників їх якості, для збагачення харчовими волокнами, фітостеролами, вітамінами, мінералами, що дозволить рекомендувати їх як продукти з холестеринознижуючим ефектом.

Таблиця 4.4
Критерії оптимізації ячмінного борошна

Критерії	Окремі цілі за специфічними критеріями
Обмеження по набору сировини	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 100$
Мін та мах припустима кількість сировини	$40 \leq x_1 \leq 50;$ $6 \leq x_2 \leq 8;$ $11 \leq x_3 \leq 13;$ $7 \leq x_4 \leq 9;$ $1 \leq x_5 \leq 2;$ $1 \leq x_6 \leq 4.$
Мах припустима кількість жиру	$0,006 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,004 \cdot x_4 + 0,013 \cdot x_6 \leq 8$
Мін припустимий вміст харчових волокон	$0,017 \cdot x_4 + 0,013 \cdot x_5 + 0,077 \cdot x_6 \geq 0,1$
Мін припустимий вміст вітамінів групи В	$0,0004 \cdot x_1 + 0,0003 \cdot x_2 + 0,0002 \cdot x_5 + 0,003 \cdot x_6 \geq 0,02$
Мін припустимий вміст калію	$1,15 \cdot x_1 + 12,4 \cdot x_2 + 0,03 \cdot x_3 + 0,24 \cdot x_5 + 20,5 \cdot x_6 \geq 120$
Оптимальне співвідношення Са:Р	$2 = 0,7 \dots 0,8$ $1,76 \cdot x_1 + 0,90 \cdot x_2 + 0,002 \cdot x_3 + 7 \cdot x_4 + 0,06 \cdot x_5 + 0,8 \cdot x_6 = 2(2,24 \cdot x_1 + 0,83 \cdot x_2 + 3 \cdot x_4 + 0,18 \cdot x_5 + 3,43 \cdot x_6)$

Оптимальне співвідношення P:Mg	$g = 3 \dots 3,3$ $2,24 \cdot x_1 + 0,83 \cdot x_2 + 3 \cdot x_4 + 0,18 \cdot x_5 + 3,43 \cdot x_6 = g(0,24 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,8 \cdot x_4 + 5 \cdot x_6)$
Мах енергетична цінність	$0,86 \cdot x_1 + 1,18 \cdot x_2 + 3,79 \cdot x_3 + 3,62 \cdot x_4 + 0,25 \cdot x_5 + 3 \cdot x_6 \leq 160$

Таблиця 4.5

Рецептури та витрати сировини на виробництво сиркових виробів

Найменування сировини	Масова частка сухих речовин у %	Витрати сировини на 10 кг продукту, г			
		«Зернятко»		«Ячмінка»	
		в натурі	В СР	в натурі	В СР
Кисломолочний сир нежирний	25,30	7800,0	1973,4	7500,0	1897,5
Цукор-пісок	99,86	900,0	898,7	900,0	898,7
Яблучний пектин	90,00	250,0	225,0	230,0	207,0
Лимонний сік	8,70	200,0	17,4	200,0	17,4
Сироватка молочна сирна несолена	18,00	780,0	140,4	1050,0	189,0
Висівки просяні	87,00	195,0	169,7	-	-
Ячмінне борошно	89,40	-	-	300,0	268,2
Усього	-	10125,0	3391,3	10180,0	3477,6
Вихід	-	10000,0	3300,0	10000,0	3400,0

4.2.3. Оцінка якості сиркових виробів з використанням просяних висівок та ячмінного борошна

Розроблені сиркові вироби характеризуються приємними кисломолочним смаком і запахом з прикусом зернової добавки, однорідною пастоподібною пластичною консистенцією з наявністю часток висівок та відповідним кольором з крапленнями зернових інгредієнтів (табл. 4.6).

Наступним етапом стало дослідження фізико-хімічних показників якості сиркових десертів за показниками, що нормуються (табл. 4.7).

Видно, що додавання зернових інгредієнтів до сиркових виробів приводить до зменшення вмісту масової частки вологи, тобто збільшення кількості сухих речовин. Нові види десертів мають менший вміст жиру та сахарози, що надає цим продуктам дієтичних властивостей.

Таблиця 4.6
Органолептичні показники нових сиркових виробів

Найменування показника	Характеристика для сиркових виробів	
	«Зернятко»	«Ячмінка»
Консистенція	Однорідна, ніжна, помірно мазка, пластична маса, з ледве помітними частками зернового наповнювача	Однорідна, ніжна, помірно мазка, пластична маса
Колір	Білий з кремовим відтінком	
Смак та запах	Характерний кисломолочний, у міру солодкий, ніжний, без вираженого зернового чи борошністого присмаку	Характерний кисломолочний, в міру солодкий, без сторонніх присмаків, з відчутним приємним зерновим присмаком

Таблиця 4.7
Фізико-хімічні показники сиркових виробів

Найменування показника	Норма за НД	Характеристика для сиркових виробів	
		«Зернятко»	«Ячмінка»
Масова частка жиру, %	не більше ніж 8	2,8	3,3
Масова частка вологи, %	не більше ніж 75	66,0	65,0

Масова частка сахарози, %	не менше ніж 10	8,6	8,7
Кислотність титрована, °T	150-220	150	150

Також було визначено, що додавання просяних висівок та ячмінного борошна зменшує кислотність виробів за рахунок взаємодії лужних солей, що містяться в значній кількості у просяних висівках та ячмінному борошні з молочною кислотою, яка є головним компонентом, що зумовлює кислотність сирків. При такій взаємодії утворюються солі, що мають середовище, близьке до нейтрального, тому й смак сирків стає менш кислим. Тому при зберіганні зміна властивостей розроблених зразків відбуватиметься менш інтенсивно.

Таким чином, нами запропоновані нові види сиркових виробів «Зернятко» та «Ячмінка» з використанням зернових компонентів, якість яких за органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними та мікробіологічними показниками не поступається традиційним.

Використання даних зернових наповнювачів та сироватки вирішує проблеми економії сировини молочних ресурсів, використання цінної вторинної сировини і одночасно розширює асортимент конкурентоздатних продуктів оздоровчого призначення, зокрема з холестеринознижувачим ефектом.

4.2.4. Зміна показників якості нових сиркових виробів в процесі зберігання

Наступним етапом досліджень стало вивчення змін якості сиркових виробів із зерновими наповнювачами під час зберігання. Зразки сиркових десертів, виготовлені за відпрацьованими технологічними режимами та розфасовані у полістиролові стаканчики, зберігали у холодильній камері при температурі (4 ± 2) °C. Протягом 7 діб здійснювали контроль їх якості за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Відповідно до ДСТУ 4503:2005

термізовані сиркові десерти допускається зберігати за температури 4 ± 2 °C не більше 7 діб.

Органолептична оцінка зразків сиркових виробів із зерновими компонентами показала наявність чистого кисломолочного смаку та аромату з помірною солодкістю і характерними відтінками смаку та запаху внесених зернових інгредієнтів. Консистенція всіх зразків була однорідною, ніжною, пластичною та помірно мажучою, з рівномірно розподіленими частинками наповнювачів. Динаміку змін органолептичних показників розроблених сиркових десертів наведено у табл. 4.8.

Таблиця 4.8

**Зміни органолептичних показників сиркових виробів
під час зберігання**

Назва показників		Назва зразків		
		Контроль (без добавок)	Сирковий виріб «Зернятко»	Сирковий виріб «Ячмінка»
Консистенція	1-2 доба	Однорідна, ніжна, в міру щільна	Однорідна, ніжна, помірно мазка, пластична маса	Однорідна, ніжна, помірно мазка, пластична маса
	3-4 доба			
	5-6 доба	Неоднорідна, спостерігається відділення сироватки	Неоднорідна, менш щільна	Неоднорідна, менш щільна
	7 доба			
Смак та запах	1-2 доба	Характерний кисломолочний, в міру солодкий	Характерний кисломолочний, у міру солодкий, без вираженого зернового присмаку	Характерний кисломолочний, в міру солодкий, з відчутним приємним зерновим присмаком
	3-4 доба			
	5-6 доба			

	7 доба	Кислий запах та смак	Кислуватий запах та смак	Кислувати й запах та смак
Колір	1-2 доба	Білий	Білий з кремовим відтінком	
	3-4 доба			
	5-6 доба			
	7 доба			

Видно, що зразки сиркових десертів із зерновими наповнювачами не піддалися значній зміні якості за органолептичними показниками порівняно з контрольним зразком, що виготовлений за традиційною рецептурою без добавок. Тільки на 7-й добі зберігання консистенція дослідних зразків стала неоднорідною і менш щільною, тоді як цей показник у контрольного зразка погіршився вже на 5-й добі зберігання. Після 6 днів зберігання контрольний і дослідні зразки сиркових виробів були дещо кислуватими за запахом та смаком.

Результати зміни фізико-хімічних показників у різних періодах зберігання наведено у табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Зміни фізико-хімічних показників сиркових виробів під час зберігання

Фізико-хімічні показники		Назва зразків		
		Контроль (без добавок)	Сирковий виріб «Зернятко»	Сирковий виріб «Ячмінка»
Масова частка вологи, %	1-2 доба	72,0	66,0	65,0
	3-4 доба	71,7	65,8	64,9
	5-6 доба	71,3	65,7	64,7
	7 доба	71,0	65,5	64,6
	1-2 доба	10,0	10,0	10,0

Масова частка сахарози, %	3-4 доба	9,0	9,3	9,3
	5-6 доба	7,0	8,0	8,2
	7 доба	6,5	7,0	7,1
Титрована кислотність, °Т	1-2 доба	150	150	150
	3-4 доба	178	155	153
	5-6 доба	182	162	158
	7 доба	193	170	165

Титрована кислотність у процесі зберігання поступово підвищується в середньому на 20–25 °Т і на 7-му добу досягає для сиркових виробів із ячмінним борошном до 164 °Т, а для зразків із просяними висівками – до 170 °Т. При цьому масова частка вологи у всіх дослідних зразках зменшується незначною мірою.

Важливим рецептурним компонентом солодких сиркових виробів є цукор, який може піддаватися зброджуванню дріжджами з утворенням етилового спирту. Це, у свою чергу, може спричиняти появу дефектів, зокрема спиртового присмаку й запаху та надмірного газоутворення. Технологічні способи отримання зернових інгредієнтів можуть призводити до часткової деструкції вуглеводів із утворенням моно-, ди- та олігосахаридів, які є більш доступними для життєдіяльності дріжджів. У зв'язку з цим додатково було проаналізовано динаміку накопичення етилового спирту в сиркових виробих із зерновими інгредієнтами під час зберігання за температури (4±2) °С (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Динаміка накопичення спирту сирковими виробами під час зберігання

Фізико-хімічні показники	Назва зразків			
	Контроль (без добавок)		Сирковий виріб «Зернятко»	Сирковий виріб «Ячмінка»
	1-2 доба	0,08	0,08	0,08

Масова частка спирту, %	3-4 доба	0,19	0,14	0,12
	5-6 доба	0,23	0,18	0,16
	7 доба	0,24	0,20	0,17

Ефект пригнічення розвитку дріжджів має місце внаслідок зменшення кількості вільної вологи, необхідної для розвитку мікроорганізмів. Спирт на рівні органолептичної оцінки смаку та запаху відчувається при концентрації більше 0,2%. Так, у сиркових виробих із зерновими інгредієнтами, які зберігаються протягом 7 діб за температури (4 ± 2) °С, такого відчуття не відмічається.

Таким чином, додавання зернових інгредієнтів в сиркові десерти не погіршує якість виробів і дозволяє їх зберігати протягом 7 діб за температури 4 ± 2 °С, як зазначено у нормативній документації на терміновані сиркові десерти.

4.3. Формування якості кондитерських виробів з гіпохолестеринемічною дією

Проблема підвищення харчової цінності кондитерських виробів набирає

гостроту особливо у ті періоди, коли по ряду причин значно зменшується споживання продуктів тваринного походження (м'яса, риби, яєць). В таких умовах більш одноманітного харчування проблема якості і харчової цінності кондитерських виробів і можливих шляхів їх підвищення стає більш актуальною. Зважаючи на великий попит на борошняні кондитерські вироби, розробка нових виробів оздоровчого призначення на основі рослинної сировини призведе до покращення здоров'я людей, вплине на асортимент готових виробів та їх різноманітність.

4.3.1. Теоретичне обґрунтування компонентного складу печива на основі ячмінного борошна

Новий вид печива для оздоровчого харчування розроблено спеціально для людей схильних до серцево-судинних

захворювань, що мають підвищений вміст холестерину в крові, а також страждають на гіперглікемію. Основним інгредієнтом нового виду здобного печива є ячмінне борошно, яке використовується як єдиний борошняний компонент у кількості 100 %. Вибір нетрадиційної рослинної сировини зумовлений необхідністю збагачення продукту речовинами, здатними сприяти зниженню рівня холестерину в крові.

Як жирову складову у рецептурі здобного печива замість маргарину та вершкового масла застосовано соняшникову олію. У технології борошняних кондитерських виробів жири виконують функцію структуроутворювача, сприяють збереженню аромату та забезпечують розсипчасту текстуру, що особливо важливо для печива. У розробленій рецептурі для продуктів оздоровчого харчування перевагу надано саме рослинній олії, оскільки тваринні жири не рекомендовані для споживання людям із серцево-судинними захворюваннями та підвищеним рівнем холестерину.

Соняшникова олія містить значну кількість фосфоліпідів, які позитивно впливають на функціонування клітин нервової тканини та головного мозку, беруть участь у формуванні клітинних мембран і сприяють профілактиці атеросклерозу. Ненасичені жирні кислоти, що входять до її складу, забезпечують нормальну роботу печінки, судин і нервової системи, сприяють нормалізації ліпопротеїнового профілю крові, знижують ризик розвитку атеросклерозу, підвищують імунітет та проявляють антиоксидантні й антиканцерогенні властивості [65].

Цукор введено до рецептури нового здобного печива, як до усіх видів солодкого печива. Борошняним кондитерським виробам цукор надає смак, змінює структуру тіста, надає готовим виробам рум'яності. Цукор є одним з основних компонентів будь-якого здобного печива завдяки тому, що він перешкоджає набряканню клейковини, тим самим знижуючи вологопоглинаючу здатність борошна та зменшуючи пружність

тіста, що сприяє можливості отримання необхідної структури печива з пісочного напівфабрикату [66].

До складу нової рецептури здобного печива входять яйця, як компонент, що надає печиву пористості, підвищує харчову та біологічну цінність продукту, а також володіє сполучними властивостями, що дає печиву тримати форму та не розсипатися. Жовток яйця має вміст вітамінів А, D, Е, В₁, В₂ та РР, а завдяки лецитину проявляє властивості емульгатора. Також жовтки покращують структуру тіста, надають ніжний смак виробам.

Для отримання більш розсипчастої структури печива, надання ширшого спектру смакових властивостей та здоби до рецептури печива введено сметану.

Для розпушення тіста у рецептурі використано хімічний розпушувач, а саме соду у поєднанні з лимонною кислотою та крохмалем. Використання соди як розпушувача тіста засновано на тому, що при додаванні кислоти та нагріванні вона виділяє вуглекислий газ (СО₂), котрий сприяє розпушенню тіста.

Для підсилення оздоровчих властивостей, а також покращення смакових характеристик печива на основі ячмінного борошна до рецептури було введено в'ялену журавлину. Плоди журавлини містять біологічно активну речовину бетаїн, яка проявляє противиразкову дію, запобігає жировому переродженню печінки та сприяє зниженню рівня холестерину в крові. За умови регулярного вживання журавлина демонструє виражені ліпотропні властивості та допомагає у профілактиці атеросклерозу [67].

Також до складу нового виду печива включено цінне насіння кунжуту, яке містить потужний антиоксидант сезамін, що має значення для профілактики низки захворювань, зокрема онкологічних. Наявні у кунжуті фітостерини сприяють зниженню ризику розвитку атеросклерозу, оскільки допомагають виведенню холестерину з організму. Однією з ключових речовин із гіпохолестеринемічною дією є β-ситостерин.

Крім того, кунжут є цінним джерелом кальцію: у 100 г насіння міститься близько 1,4 г цього елемента, що майже

повністю покриває добову потребу організму. Таким чином, кунжут є важливим компонентом для підтримання здоров'я кісткової системи та профілактики остеопорозу [66].

Цедра лимона використовується у виробництві нового виду печива для надання йому насиченого аромату та додаткових смакових властивостей. Завдяки своєму хімічному складу, а саме речовин: флавоноїдів, аскорбінової кислоти, харчових волокон, вітамінів, мінералів, пектинових речовин, цедра лимону, як інгредієнт, додає оздоровчих властивостей готовому продукту. Перелічені речовини позитивно впливають на серцево-судинну, травну та імунну системи. Ванільний цукор, як будь-які прянощі, використовується у виробництві багатьох борошняних кондитерських виробів для ароматизації продукту. Корицю також застосовують для формування пряного смаку й аромату готового виробу. Вона містить низку біологічно активних сполук, зокрема поліфеноли, дубильні речовини, харчові волокна, кумарин і альдегіди. Завдяки своєму хімічному складу кориця сприяє виведенню холестерину з крові, допомагає знижувати рівень глюкози, а також проявляє антисептичні та антибактеріальні властивості [68].

Апельсиновий джем у рецептурі нового виду печива використовується як начинка. Джем, виготовлений із плодів апельсина, зберігає значну частину біологічно активних речовин і, відповідно, корисних властивостей свіжих плодів. Апельсини багаті на вітамін С, вітаміни групи В, харчові волокна, а також містять калій, магній, фосфор, цинк і флавоноїди. Включення апельсинів до раціону сприяє нормалізації рівня холестерину, зміцненню імунної системи та стабілізації артеріального тиску [66].

У цілому склад нового виду печива на основі ячмінного борошна сформовано таким чином, щоб максимально забезпечити його функціональні та оздоровчі властивості, особливо для осіб із підвищеним рівнем холестерину в крові.

4.3.2. Розробка рецептурного складу здобного печива на основі ячмінного борошна

Метою створення нового виду печива є повна заміна пшеничного борошна на ячмінне з метою підвищення оздоровчої цінності продукту, а також оптимізація його компонентного складу відповідно до рекомендацій харчування осіб із підвищеним рівнем холестерину в крові. Додатково передбачалося досягнення покращених органолептичних показників готового виробу.

Для реалізації поставленої мети було проведено дослідження можливості використання ячмінного борошна в технологіях борошняних кондитерських виробів. Як базову обрано рецептуру №8 «Тісто пісочне» зі Збірника рецептур борошняних кондитерських виробів для підприємств громадського харчування (табл. 4.11) [69]. У процесі розробки було модифіковано класичну рецептуру шляхом заміни окремих інгредієнтів, тоді як технологічні етапи приготування тіста, формування виробів і випікання залишилися без змін.

У межах удосконалення рецептури здійснено такі заміни:

- пшеничне борошно замінено на ячмінне у рівному відсотковому співвідношенні;
- вершкове масло замінено на соняшкову олію в еквівалентній кількості;
- замість меланжу використано курячі яйця у тій самій кількості;
- як ароматизатор застосовано ванільний цукор.

Таблиця 4.11
Рецептурний склад напівфабрикату «Тісто пісочне»

Найменування сировини	Витрата на 1000 г напівфабрикату, г
Борошно пшеничне в/г	515,4
Борошно пшеничне в/г (на підпил)	41,2
Цукор-пісок	206,2

Масло вершкове	309,3
Есенція	2,07
Натрій двовуглекислий	0,52
Меланж	72,2
Сіль	2,06

У результаті першої випічки не було досягнуто бажаного результату. Печиво мало непривабливий зовнішній вигляд, незадовільний смак та запах. Таким чином у процесі технологічного відпрацьовування, із постійним коригуванням відсоткового співвідношення інгредієнтів, а також шляхом додавання смакових компонентів було розроблено новий асортимент здобного печива для оздоровчого харчування. До нього належать: печиво «Корисне» з журавлиною, печиво «Корисне» з кунжутом та печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом. Розроблено рецепт урний склад нових видів здобного печива, який наведено у табл. 4.12.

У ході експериментальних випічок було визначено та розраховано, що втрата маси печива у ході теплової обробки складає 20%, а вихід готового – 80% відповідно.

Таблиця 4.12

Рецептурний склад нових видів здобного печива

Найменування сировини	Витрата на 1000 г печива, г		
	печиво «Корисне» з журавлиною	печиво «Корисне» з кунжутом	печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом
Борошно ячмінне	490,0	499,0	378,0
Борошно ячмінне (на підпил)	40,0	40,0	40,0
Олія соняшниква	170,0	173,0	132,0
Цукор-пісок	149,0	152,0	115,0
Ванільний цукор	6,0	7,0	5,0
Сметана	149,0	152,0	115,0
Яйце куряче	170,0	173,0	132,0
Розпушувач	6,0	7,0	5,0
Цедра лимону	21,0	22,0	-
Журавлина в'ялена	85,0	-	-
Насіння кунжуту	-	65,0	-
Кориця	-	-	6,0
Апельсиновий джем	-	-	290,0
Итого:	1286,0	1290,0	1218,0
Выход:	1000,0	1000,0	1000,0

Технологічна схема виробництва нового виду печива залишилась без змін, лише на деяких етапах були внесені додаткові операції (рис. 4.5). Вона складається з п'яти основних етапів виробництва для печива «Корисне» з журавлиною та печива «Корисне» з кунжутом, і шести стадій для печива-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом.

На першому етапі перемішування інгредієнтів додатково внесена сметана, у якості есенції – ванільний цукор та кориця. Натрій двовуглекислий входить до складу комплексного розпушувача тіста, що на сьогоднішній день є більш актуальним у виробництві борошняних кондитерських виробів.

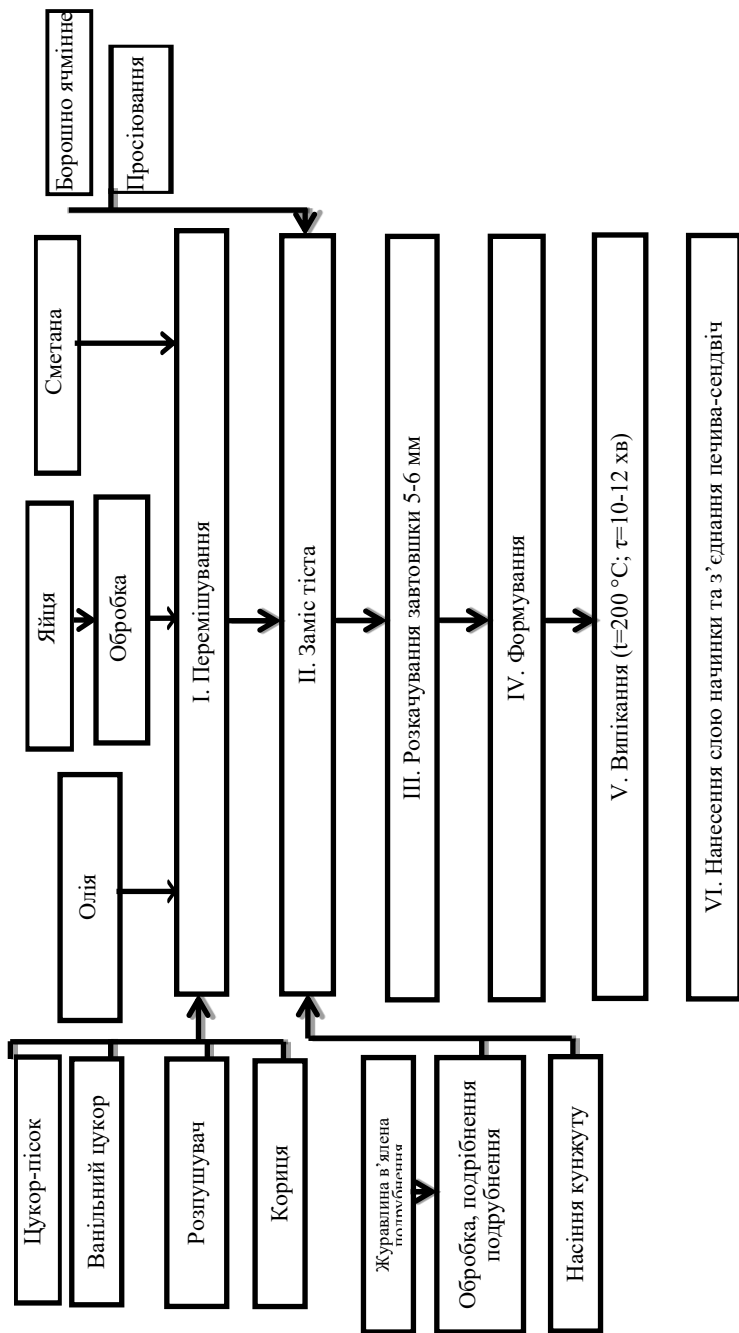


Рис. 4.5 – Технологічна схема виробництва печива на основі ячмінного борошна

Заміна борошна пшеничного на борошно ячмінне здійснено на стадії замісу тіста. Також на другому етапі у виробництві нових видів печива додається журавлина та насіння кунжуту.

Етапи розкачування напівфабрикату, формування та випікання печива залишено відповідно до технології виробництва зі Збірника рецептур борошняних кондитерських виробів для підприємств громадського харчування.

Виробництво печива-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом дає додатковий шостий етап – нанесення слою начинки та з'єднання печива-сендвіч.

Вдосконалена технологія виробництва нового виду печива для оздоровчого харчування дозволяє вести технологічний процес без зміни основних етапів приготування печива на основі пісочного напівфабрикату.

4.3.3. Оцінка якості, харчової та енергетичної цінності нових видів печива

Для оцінки харчової та енергетичної цінності нових видів печива на основі ячмінного борошна проведено розрахунки цих показників. Отримані результати наведено у табл. 4.13.

Таблиця 4.13
Харчова та енергетична цінність нових видів печива

Вміст основних нутрієнтів та енергії на 100 г продукту	печиво «Корисне» з журавлиною	печиво «Корисне» з кунжутом	печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом
Білки, г	7,344	8,6	5,92
Жири, г	21,96	25,1	16,9
Вуглеводи, г	48,85	44,25	45,9
Енергетична цінність, ккал	422,4	437,3	359,4

Аналізуючи отримані данні можна сказати, що найбільш багатий на білки є зразок печива «Корисне» з кунжутом. Найменший вміст жиру у печива-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом, що найкраще підходить для харчування людей з підвищеним вмістом холестерину. Кількість вуглеводів у розробленому печиві приблизно однакова в усіх трьох зразках, та їх вміст є порівняно низьким, що робить продукт менш калорійним та можливим для споживання людьми, які контролюють вміст цукру в крові.

Енергетична цінність нового виду печива є порівняно нижчою, як для борошняних кондитерських виробів. Тому це печиво можна рекомендувати також і до споживання людей, що контролюють вагу, мають низьку фізичну активність. Найменшу калорійність має печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом.

Порівнюючи отримані дані із показниками харчової та енергетичної цінності для здобного печива, що наведені у державному стандарті маємо відмінні результати. Вміст білка в нових зразках печива менший за значення у стандарті на 4,5–1,8 г. За вмістом білка у продукті розроблене печиво ближче до печива цукрового. Вміст жирів у новому продукті більше ніж на 10,0 г в усіх зразках. Вуглеводів у новому виді печива навпаки міститься набагато менше ніж заявлено у ДСТУ 3781:2014.

Незважаючи на отримані результати, не можна робити достовірних висновків, адже інформація у державному стандарті щодо харчової та енергетичної цінності є довідковою, а не обов'язковою. Та у стандарті зазначається, що харчова та енергетична цінність кожної назви печива розраховується відповідно до рецептури. Тобто кожне найменування печива має власні, відмінні від інших, показники вмісту речовин та енергії.

Порівняно з досліджуваними раніше зразками здобного печива, що реалізуються на ринку м. Харкова розроблений асортимент печива має більший вміст білка ніж у більшості досліджуваних зразків.

За вмістом жирів розроблені зразки печива майже ідентичні досліджуваним фабричним зразкам.

Вміст вуглеводів у печиві на основі ячмінного борошна у середньому менший на 20,0 г аніж у печива вітчизняного промислового виробництва.

Отже, завдяки оптимізації рецептурного складу та добору інгредієнтів вдалося отримати продукт зі збалансованим вмістом основних нутрієнтів, придатний для харчування осіб із певними захворюваннями. Додатково встановлено зниження його енергетичної цінності, що є важливим аспектом сучасного раціону більшості споживачів.

Оцінку якості розроблених зразків нового виду здобного печива проводили відповідно до чинного стандарту ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови» [53].

У процесі дослідження органолептичних показників аналізували форму, стан поверхні, колір, смак і запах, а також вигляд у розломі. Результати наведено у табл. 4.14.

Встановлено, що органолептичні характеристики нового печива на основі ячмінного борошна повністю відповідають вимогам державного стандарту за всіма показниками.

Форма всіх трьох асортиментних зразків є правильною, рівною, без деформацій і відповідає вимогам нормативно-технічної документації. Поверхня виробів не має підгорілих ділянок і здуттів, допускаються включення журавлини або насіння кунжуту відповідно до рецептури. Колір усіх зразків рівномірний, із незначним потемнінням країв і рифлених ділянок, що є допустимим згідно з вимогами стандарту. Смак і аромат характерні для здобного печива, приємні та достатньо виражені; водночас смакові особливості різняться залежно від використаних функціональних добавок.

У розломі всі зразки мають рівномірно пропечену, пористу структуру. Начинка печива «Корисне» з апельсиновим джемом розподілена дещо нерівномірно за товщиною, однак це допускається нормативною документацією.

Результати визначення фізико-хімічних показників якості розроблених видів печива наведено у табл.4.15.

Таблиця 4.14

Результати органолептичної оцінки якості розробленого печива

Показники	Печиво «Корисне» з журавлиною	Печиво «Корисне» з кунжутом	Печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом
Форма	У вигляді серця , краї рівні без пошкоджень	Квадратної форми, краї фігурні без пошкоджень	Кругле печиво-сендвіч із фігурними краями без пошкоджень
Поверхня	Непідгоріла, без здутин, пухирців, що лопнули і вкраплень крихт. Із включенням в'ялених ягід журавлини	Непідгоріла, без здутин, пухирців, що лопнули і вкраплень крихт. Рівна із включенням насіння кунжуту	Непідгоріла, рівна, без здутин, пухирців, що лопнули і вкраплень крихт.
Колір	Жовто-пісочний колір, краї печива дещо темніші	Жовто-пісочний колір, фігурні краї печива дещо темніші	Пісочний колір, фігурні краї печива дещо темніші
Смак та запах	Приємний, здобний, в міру солодкий смак із присмаком цедри лимону та чіткою наявністю смаку журавлини. Запах ванільний властивий печиву	Приємний, здобний, в міру солодкий смак із присмаком цедри лимону та насіння кунжуту. Запах ванільний властивий печиву	Приємний, здобний , насичений солодкий смак. З яскраво вираженим смаком апельсину начинки. Запах ванільний властивий печиву, відчутно аромат апельсину та кориці
Вигляд у розломі	Рівномірно-пористий без порожнин. Печиво добре пропечене	Рівномірно-пористий без порожнин. Печиво добре пропечене	Рівномірно-пористий без порожнин. Печиво добре пропечене. Начинка однорідної консистенції, без крупинок і грудочок, дещо нерівномірно розподілена за товщиною

Таблиця 4.15

Фізико-хімічні показники якості розробленого печива

Показники	Печиво «Корисне» з журавлиною	Печиво «Корисне» з кунжутом	Печиво- сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом
Вологість, %	4,0	3,0	5,8
Кислотність, град.	0,84	0,80	0,83
Намочуваність, %	111,8	115,1	116,3

Посилаючись на вимоги ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови» [53] розроблені зразки печива відповідають вимогам щодо вологості та не перевищують 15,5% вмісту води (для здобного печива).

Найбільшу вологість має нове печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом – 5,8%, це пояснюється наявністю начинки. Волога з джему поглинається печивом, за рахунок чого підвищується вологість тістового напівфабрикату. Намочуваність розроблених видів печива знаходиться у допустимих межах, але нижча порівняно з печивом на основі пшеничного борошна. Можливо, це пов'язано із тим, що печиво має щільнішу структуру за рахунок низької газоутримуючої здатності [70].

Лужність, як показник якості, що нормується державним стандартом для печива у зразках нового розробленого печива не виявлено. Таки чином для підтвердження відсутності лужності у печиві було проведено дослідження на присутність кислотності. Дослідження показало кислу реакцію фільтрату усіх зразків розробленого виду печива. Можливо, це пов'язано з наявністю у ячмінного борошна вільних жирних кислот та досить високим вмістом кремнієвої кислоти [71]. Також на зміну кислотно-лужної реакції може впливати заміна у рецептурному складі печива натрію двовуглекислого на комплексний розпушувач, що містить у своєму складі кислоту, яка нейтралізує лужність.

Внесення додаткового інгредієнта – сметани також підвищує кислотність за рахунок вмісту молочної та інших кислот. Кислотність печива незначна і коливається від 0,80 град. у печива «Корисне» з кунжутом до 0,84 град. у печива «Корисне» з журавлиною.

Мікробіологічні показники визначають безпечність продукту щодо споживання його людиною. Для здобного печива державним стандартом нормуються наступні показники: кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ), бактерії групи кишкових паличок, а також патогенні мікроорганізми.

На базі кафедри фізіології, біохімії рослин та мікроорганізмів ХНУ ім. Каразіна було проведено мікробіологічні дослідження розроблених видів печива, результати яких наведено у табл. 4.16.

Таблиця 4.16
Мікробіологічні показники розробленого печива

Показники	Печиво «Корисне» з журавлиною	Печиво «Корисне» з кунжутом	Печиво- сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом
КМАФАМ, КУО в 1 г	$1,2 \times 10^3$	$0,9 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$
БГКП, у 0,1 г	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, т. ч. бактерії роду Сальмонела, у 0,1 г	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Усі мікробіологічні показники трьох зразків нового виду печива, що нормуються державним стандартом для печива не перевищують норми та відповідають вимогам нормативного

документу. А отже ці зразки розробленого продукту є безпечними для споживання людиною за критерієм мікробіологічної безпеки.

4.3.4. Профільно-дескрипторний аналіз розробленого печива

У процесі створення нових продуктів харчування важливим є участь споживачів, адже успіх новітньої розробки у більшості залежить від задоволення тих чи інших потреб людей, як споживачів. Задля визначення переваг нового виду печива для оздоровчого харчування проведено народну дегустацію серед споживачів цієї продукції.

Для проведення органолептичної оцінки розробленого печива серед споживачів було обрано профільно-дескрипторний метод. Суть цього підходу полягає в тому, що складні органолептичні характеристики розкладаються на окремі прості складові, які оцінюються дегустаторами за інтенсивністю, якістю та послідовністю їхнього прояву. Профільний метод є особливо доцільним під час розроблення рецептур нових харчових продуктів, оскільки дає змогу визначати вплив технологічних чинників на окремі показники якості, а також на загальну якість виробу.

Такий підхід до дегустаційного аналізу забезпечує отримання як повного якісного опису продукту, так і кількісної оцінки інтенсивності його окремих органолептичних властивостей [72].

У ході проведення дегустації було оцінено найбільш визначні характеристики для споживачів: зовнішній вигляд, запах, смак, вигляд у розломі. Ці показники розкладалися на більш прості, зрозуміліші звичайному споживачеві, складові дескриптори, інтенсивність яких оцінювалася дегустаторами за 5-бальною шкалою інтенсивності, а саме: 0 – ознака відсутня; 1 – ознака ледь відчувається; 2 – слабка інтенсивність; 3 – помірна інтенсивність; 4 – сильна інтенсивність; 5 – дуже сильна інтенсивність [73-74].

Для візуалізації органолептичних характеристик печива за результатами досліджень побудовано графічні профілі, оскільки їх застосування дозволяє легко оцінити інтенсивність та відмінність дескрипторів та провести порівняльну характеристику одразу всього асортименту розробленого виду печива.

Зовнішній вигляд печива досліджено за 8 дескрипторами, з яких 4 позитивних – загальне враження, правильна форма, цілісність, властивий колір та 4 негативних – підгорілість, деформація, наявність здутин та пухирців, наявність надломів (рис.4.6).

Як видно з рис. 4.6 зовнішній вигляд усіх дослідних зразків печива характеризується правильною формою, цілісністю та властивим кольором печива. Під час профілювання печива «Корисне» відмічена незначна підгорілість та невеликий відсоток надломів печива. Слід відмітити, що найкраще загальне враження отримали зразки печива «Корисне» з журавлиною та печива-сендвіч з апельсиновим джемом. Трохи нижче загальне враження у печива з кунжутом.

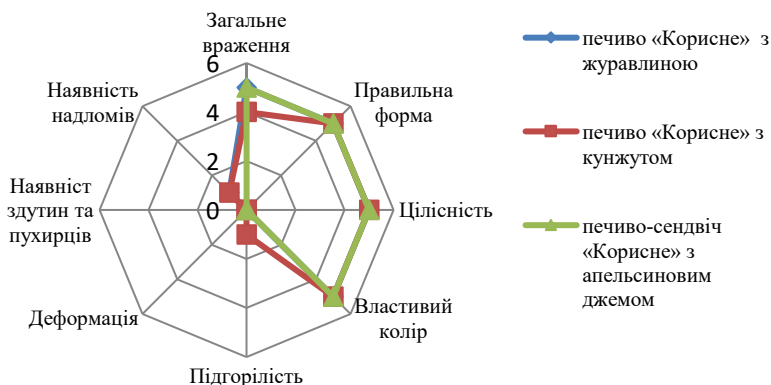


Рис. 4.6 – Профілограма зовнішнього вигляду нових видів печива

Під час дослідження смаку дослідних зразків розробленого печива було запропоновано 8 дескрипторів, з яких 4 позитивних – загальне враження, гармонійний, солодкий, типовий та 4

негативних – сторонній, несолодкий, нудотний, лужний. Профілограму смаку наведено на рис. 4.7.

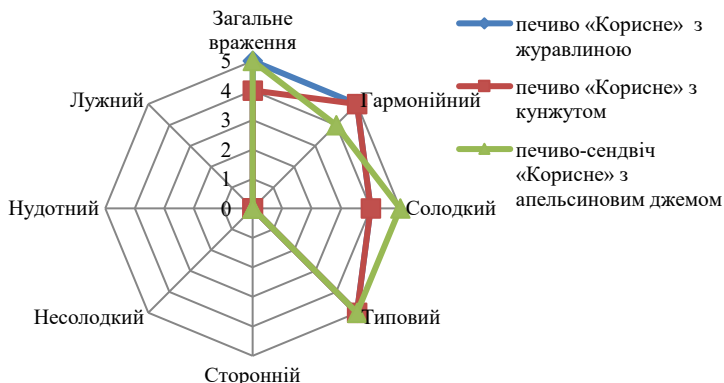


Рис. 4.7 – Профілограма смаку нових видів печива

Найкращими смаковими характеристиками за загальним враженням споживачів відрізняються зразки печива з журавлиною та апельсиновим джемом. Печиво з журавлиною та кунжутом відрізняються меншою солодкістю, адже ці зразки не мають солодкої начинки. Та через наявність джему смак печива є менш гармонійним порівняно зі зразками без начинки.

Для проведення сенсорного аналізу запаху було визначено 8 дескрипторів: позитивні – загальне враження, приємний, гармонійний, ванільний; негативні – сторонній, невиражений, штучний, прогірклий. Профілограму запаху розробленого печива наведено на рис. 4.8.

Під час профілювання запаху за такими характеристиками, як гармонійний, приємний та ванільний усі зразки печива мали високу інтенсивність. Зразки не мали жодної негативної характеристики окрім печива з кунжутом, яке, за думкою споживачів, мало дещо невиражений запах порівняно з іншими зразками печива.

Під час дослідження вигляду печива в розломі було визначено 6 дескрипторів: позитивні – пропеченість, рівномірна пористість, начинка однорідна, негативні – сторонні вclusions,

наявність пустот, неоднорідна структура. Отриману профілограму вигляду в розломі представлено на рис. 4.9.

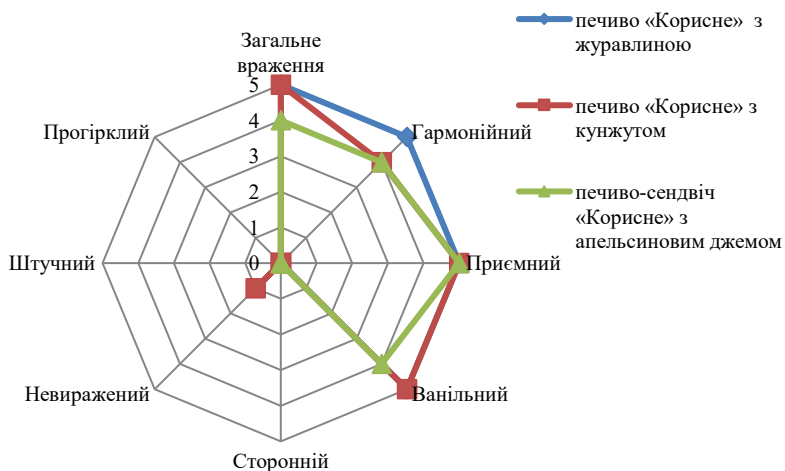


Рис. 4.8 – Профілограма запаху нових видів печива

Аналізуючи профіль вигляду печива в розломі варто відмітити, що досліджувані зразки печива були гарно пропеченими, пористість рівномірна. Начинка печива-сендвіч з апельсиновим джемом однорідна.

Негативні дескриптори мають нульове значення. Отже профіль вигляду печива в розломі показав відмінні значення, що показує однакове вподобання серед споживачів до усіх зразків розробленого печива за даним показником.

За результатами дегустації розроблених зразків печива серед споживачів та профілювання отриманих результатів визначено, що усі три зразки оцінено на одному рівні. Найбільші відмінності результатів серед зразків нового печива визначено у профілі смаку. Відмінності у результатах та оцінках дегустаторів залежала у більшій мірі від особистих вподобань споживачів до тих чи інших добавок. Загалом асортимент нового печива за всіма органолептичними показниками отримав оцінку «добре».

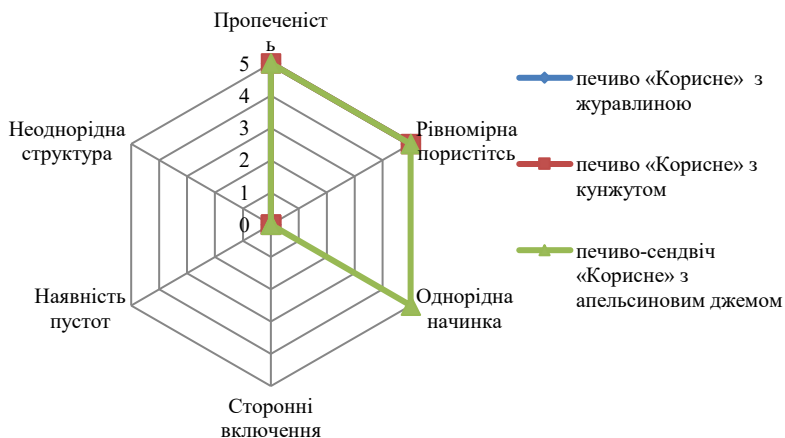


Рис. 4.9 – Профілограма вигляду в розломі нових видів печива

Висновки до розділу

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально розроблено рецептурний склад нових продуктів харчування з холестеринознижучою дією, а саме сиркових виробів з додаванням зернової сировини та печива на основі борошна з ячменю. Вибір молочних продуктів та кондитерських виробів для створення продукції оздоровчого призначення обумовлений їх затребуваністю та значним попитом. Саме тому їх збагачення зерновими інгредієнтами можна розглядати як найбільш надійний спосіб ліквідації дефіциту корисних нутрієнтів, поліпшення харчування населення, профілактики серцево-судинних захворювань.

2. Для розробки нових сиркових виробів використовували просяні висівки та борошно з ячменю сорту Взірець. Вибір саме цих інгредієнтів обумовлений значним вмістом в них фітостеролів. Методом експериментально-статистичного

моделювання обрано співвідношення компонентів в сиркових výroбах, а саме кисломолочного сиру нежирного, цукру-піску, яблучного пектину, лимонного соку, сироватки молочної сирної несоленої. Дослідження кінетики набухання зернових інгредієнтів у молочній сироватці та їх функціонально-технологічних властивостей дозволило встановити оптимальні параметри підготовки молочно-рослинних систем та масову частку їх компонентів. В основу критеріїв оптимізації рецептури сиркових десертів покладено наявність у їх складі просяних висівок та борошна з ячменю. Оптимальні дози внесення зернових інгредієнтів в сиркові десерти визначали органолептичним способом. Вони становлять для зразків з борошном ячмінним – $4,0 \pm 0,5\%$ до маси молочно-білкової основи, з висівками просяними – $2,5 \pm 0,5\%$.

3. Здійснено оцінку якості розроблених сиркових виробів «Зернятко» та «Ячмінка». Встановлено, що розроблені сиркові десерти характеризуються приємними кисломолочним смаком і запахом з прикусом зернової добавки, однорідною пастоподібною пластичною консистенцією з наявністю часток висівок та відповідним кольором з вкрапленнями зернових інгредієнтів. Додавання зернових інгредієнтів приводить до зменшення вмісту масової частки вологи, вмісту жиру та сахарози, що надає цим продуктам дієтичних властивостей, зменшує кислотність виробів за рахунок взаємодії лужних солей, що містяться в значній кількості у просяних висівках та ячмінному борошні з молочною кислотою.

4. Досліджено динаміку змін показників якості нових виробів під час зберігання. Встановлено, що зразки сиркових десертів із зерновими наповнювачами не піддалися значній зміні якості за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками порівняно з контрольним зразком, що виготовлений за традиційною рецептурою без добавок. Це дозволяє зберігати їх протягом 7 діб за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$ як зазначено у нормативній документації на сиркові десерти.

5. Аналізуючи хімічний склад борошняних кондитерських виробів, які вже існують на ринку, розроблено новий вид печива для оздоровчого харчування. Основним компонентом нового

виду здобного печива є ячмінне борошно, що введене до рецептури у кількості 100% в якості борошняного компоненту. Головною передумовою обрання нетрадиційної рослинної сировини для створення печива було внесення до нового продукту в першу чергу речовин, що здатні зменшувати кількість холестерину у крові. Окрім борошна до складу печива внесено додаткові компоненти, що мають біологічну цінність, а також замінено ті, що недоречні в раціоні харчування хворих.

6. У процесі технологічного відпрацювання, із постійним коригуванням відсоткового співвідношення інгредієнтів, а також шляхом додавання смакових компонентів було розроблено новий асортимент здобного печива для оздоровчого харчування: печиво «Корисне» з журавлиною, печиво «Корисне» з кунжутом та печиво-сендвіч «Корисне» з апельсиновим джемом. Розроблено технологічну схему виробництва печива на основі ячмінного борошна, до якої внесено додаткові операції.

7. Здійснено оцінку якості та розрахунки харчової та енергетичної цінності нових виробів. Визначено, що розроблений асортимент печива має знижений вміст жирів та меншу калорійність порівняно з іншими видами печива та борошняними кондитерськими виробами. Дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників якості не виявили значних відхилень від встановлених норм.

8. З метою формування конкурентоздатного асортименту печива та проведення сенсорного аналізу нових видів печива серед споживачів було обрано профільно-дескрипторний метод. У результаті проведеної дегустації побудовано профілографи основних органолептичних показників. Визначено, що усі розроблені види печива оцінено на одному рівні. Найбільші відмінності результатів серед зразків нового печива визначено у профілі смаку. Відмінності у результатах та оцінках дегустаторів залежала у більшій мірі від особистих вподобань споживачів до тих чи інших добавок. Загалом асортимент нового печива за всіма органолептичними показниками отримав оцінку «добре».

9. Таким чином, використання даних зернових наповнювачів та сироватки вирішує проблеми економії сировини молочних ресурсів, використання цінної вторинної сировини і одночасно розширює асортимент конкурентоздатних продуктів оздоровчого призначення, зокрема з холестеринознижуючим ефектом.

ВИСНОВКИ

1. На початку XXI століття провідною причиною смертності та інвалідазації населення в розвинених країнах стали серцево-судинні захворювання. Україна належить до держав, де понад половину випадків смерті як серед чоловіків, так і серед жінок зумовлено саме цією групою хвороб. Їхній розвиток тісно пов'язаний із дією факторів ризику, серед яких основними є незбалансоване харчування, надмірне вживання алкоголю, тютюнопаління, низький рівень фізичної активності та вплив несприятливих чинників довкілля.

Більшість серцево-судинних патологій пов'язані з розвитком атеросклерозу, однією з ключових причин якого є підвищений рівень холестерину в крові. Для уповільнення процесу його накопичення у судинах необхідно обмежувати споживання продуктів із високим вмістом холестерину та регулярно включати до раціону харчові продукти, що сприяють його зниженню.

До таких продуктів передусім належать рослини, які містять комплекс біологічно активних речовин — фітостероли, харчові волокна, вітаміни, β -глюкани та інші сполуки, що проявляють холестеринознижуючий ефект.

2. На сучасному етапі розвитку харчової науки і технології одним із перспективних інгредієнтів для виробництва продуктів оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування з холестеринознижуючим ефектом є висівки зернових, жмих олійних культур та ячмінне борошно, які містять значну кількість компонентів з гіпохолестеринемічною дією. Залучення у господарський обіг вторинних продуктів переробки зернових та олійних культур, нетрадиційних видів борошна сприяє підвищенню ефективності переробки сільськогосподарської продукції і є економічно обґрунтованим.

3. Проведено оцінку якості обраних для дослідження висівок 7 зернових культур, жмиху 4 олійних культу та борошна з ячменю 10 сортів, найбільш поширених для вирощування в Україні. Визначено органолептичні, фізико-хімічні показники якості. Досліджено здатність до набухання зернових висівок та жмиху олійних культур з метою встановлення раціонального

режиму технологічного процесу виробництва, забезпечення оптимальної консистенції, формування необхідних структурно-механічних властивостей нових продуктів з їх додаванням.

4. В рослинній сировині, що було обрано для дослідження, визначено вміст компонентів з холестеринознижуючою дією, а саме: досліджено якісний і кількісний склад стероїдного комплексу висівок, жмиху та ячмінного борошна, визначено вміст β -глюканів у борошні з ячменю різних сортів. Встановлено види висівок та жмиху, сорти ячменю, які мають у складі найбільшу кількість гіпохолестеринемічних компонентів. Науково обґрунтовано та розроблено рекомендації щодо відбору рослинної сировини для виробництва продуктів з холестеринознижувачим ефектом.

5. Теоретично обґрунтовано та експериментально розроблено рецептурний склад нових продуктів харчування з холестеринознижуючою дією, а саме сиркових виробів з додаванням зернової сировини та печива на основі борошна з ячменю. Здійснено оцінку якості розроблених виробів за органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними та мікробіологічними показниками. Встановлено, що за якістю вони не поступаються традиційним і відповідають встановленим вимогам. Досліджено зміни якості нових виробів під час зберігання.

6. Запропоновані вироби з холестеринознижувачим ефектом можуть бути використані для корекції раціонів харчування, сприятимуть розширенню асортименту та забезпеченню споживачів продуктами оздоровчого та профілактичного призначення, а отже покращенню здоров'я, зниженню смертності від серцево-судинних захворювань, підвищенню благополуччя населення країни.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2017 рік / Укр. ін-т стратег. дослідж. МОЗ України ; редкол.: П. С. Мельник [та ін.]. – Київ : Медінформ, 2018. – 458 с.

2. Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире 2014 г.: резюме / ВОЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://apps.who.int/iris/bitsream/10665>.

3. Дудник С. В. Тенденції стану здоров'я населення України / С. В. Дудник, І. І. Кошеля // Україна. Здоров'я нації. – 2016. – № 4 (40). – С. 67–77.

4. Чепелевська Л. А. Сучасні проблеми смертності населення України від хвороб системи кровообігу / Л. А. Чепелевська, О. П. Рудницький // Східноєвроп. журн. громад. здоров'я. – 2015. – № 1 (21). – С. 275–276.

5. Україна посідає перше місце в Європі за смертністю від серцево-судинних захворювань // Фармацевт практик [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://fp.com.ua/articles/ukrayina-posidaye-pershe-mistse-v-yevropi-za-smertnistyu-vid-sertsevo-sudinnih-zahvoryuvan/>

6. Профілактика серцево-судинних захворювань адаптована клінічна настанова, заснована на доказах [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://mtd.dec.gov.ua/images/dodatki/2016_564_PSSZ/2016_564_A_KN_PSSZ.pdf

7. Дробот К. Холестерин: ворог чи друг? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://myhelix.com.ua/genes/cholesterol>

8. Костюченко О. Боротьба з холестерином [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://poradnica.com.ua/borotba-z-holesterynom/>

9. Холестерин. Все про норму та патологію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dila.ua/news/holesterin.html>

10. Медведев Ж. Холестерин: наш друг или враг? // Наука и жизнь. – 2008. – №1. С 23-28.

11. С.О. Ленерт, А.А. Дубініна, В.М. Зайцева, Т.С. Кукліна, В.Л. Прусс. Оптимізація параметрів реакції ферментативного гідролізу γ -оризанолу: монографія. /– Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 180 с.

12. Gylling H. LDL cholesterol lowering by bile acid malabsorption during inhibited synthesis and absorption of cholesterol in hypercholesterolemic coronary subjects / H. Gylling, T. A. Miettinen // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* – 2002. – 12. – P. 19 – 23.

13. S. Lehnert, V.Zaitseva, A.Dubinina, M. Mardar, T. Kuklina, O. Cherevko, T. Letuta, L. Tatar. Monitoring of research on the chemical composition of white root crops/ // *Food Science and Technology*, Vol 18 № 3, 2024: Chemistry of food products and materials. New raw materials, p. 23 – 33 (Web of Science) Режим доступу <https://doi.org/10.15673/fst.v18i3.3021>

14. Дубініна А.А., Зайцева В.М., Ленерт С.О., Кукліна Т.С. Інноваційні технології продуктів з використанням арахісу та бобової сировини : Монографія. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 184 с.

15. Biosynthesis of Sterols and Triterpenes in Cell Suspension Cultures of *Uncaria tomentosa* / Isvelt J. Flores-Sánchez, Jaime Ortega-López, María del Carmen Montes-Horcasitas, Ana C. Ramos-Valdivia // *Plant Cell Physiol.* – 2002. – 43(12). – P. 1502 – 1509.

16. Lars I. Hellgren. The impact of different phytosterols on the molecular dynamics in the hydrophobic/hydrophilic interface phosphatidylcholine–liposomes / Lars I. Hellgren, Anna Stina Sandelius // *Physiologia plantarum.* – 2001. – 113. – P. 23 – 32.

17. M. Mardar, A. Dubinina, V. Zaitseva, T. Kuklina, O. Cherevko, T. Letuta, L. Tatar. [Improving the quality of vegetables and fruits using biofortification strategies](https://doi.org/10.15673/fst.v17i3.2650) / *Food Science and Technology*. Volume 17, Issue 3, 2023. P. 4 - 14. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i3.2650> <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/foodtech/article/view/2650> ISSN-print:2073-8684 ISSN-online:2409-7004 ISO:26324-2012

18. Dubinina A., Deynichenko H., Khomenko O., Gapontseva O., Antoniuk I., Medvedeva A., Demichkovska M. The study of influence of natural antioxidants on quality of peanut and linseed oil blends during their storage / Журнал «Eastern-European journal of enterprise technologies» - Vol. 3/11 (93), 2018. - P. 44-50. DOI: [10.15587/1729-](https://doi.org/10.15587/1729-)

19. Chemoprevention of tumor metastasis by liposomal beta-sitosterol intake / H. Imanaka, H. Koide, K. Shimizu [et al.] // *Biol. Pharm. Bull.* – 2008. – 31. – P. 400 – 404.

20. Antiproliferative activity against human tumor cell lines and toxicity test on Mediterranean dietary plants / F. Conforti, G. Ioele, G. A. Statti [et al.] // *Food and Chemical Toxicology.* – 2008. – 46. – P. 3325 – 3332.

21. Bouic P. J. The role of phytosterols and phytosterolins in immune modulation: a review of the past 10 years / P. J. Bouic // *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* – 2001. – 4. – P. 471 – 475.

22. Dubinina A.A., Khomenko O.O., Malyuk L.P., Skyrda, O.Ye, Radchenko A.E. Development of peanut quality criteria for determination of its rational Use / Журнал «Science and innovation». – 2019. - № 5 (2). – P. 27-37. DOI: [10.15407/scine15.05.023](https://doi.org/10.15407/scine15.05.023) <https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/science/article/view/7427> ISSN 2409-9066

23. A comparative study of the effects of cholesterol, beta-sitosterol, betasitosterol glucoside, dehydroepiandrosterone sulphate and melatonin on in vitro lipid peroxidation / S. J. van Rensburg, W. M. Daniels, J. M. van Zyl, J. J. Taljaard // *Metab Brain Dis.* – 2000. – 15. – P. 257 – 265.

24. Yoshida Y. Antioxidant effects of phytosterol and its components / Y. Yoshida, E. Niki // *Journal of Nutritional Science and Vitaminology.* – 2003. – 49 (4). – P. 277 – 280.

25. Ostlund R. E. Phytosterols in human nutrition / R. E. Ostlund // *Ann. Rev. Nutr.* – 2002. – 22 – P. 533 – 549.

26. Ras, R. T., Geleijnse, J. M., & Trautwein, E. A. (2014). LDL-cholesterol-lowering effect of plant sterols and stanols across different dose ranges: a meta-analysis of randomised controlled studies. // *British Journal of Nutrition*, 112(2), 214–219.

27. Serum, biliary, and fecal cholesterol and plant sterols in colectomized patients before and during consumption of stanol ester margarine / T. A. Miettinen, M. Vuoristo, M. Nissinen [et al.] // *Am J Clin Nutr* 2000. – 71 (5). – P. 1095 – 1102.

28. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters / A.

W. Thomas, J. N. Robert, W. Benjamin, K. David // *The Journal of nutritional biochemistry*. – 2007. – 18 (2). – P. 105 – 112.

29. Corn fiber oil and sitostanol decrease cholesterol absorption independently of intestinal sterol transporters in hamsters / D. Jain, N. Ebine, X. Jia [et al.] // *The Journal of Nutritional Biochemistry*. – 2008. – 19 (4). – P. 229 – 236.

30. Effect of plant sterols from rice bran oil and triterpene alcohols from sheanut oil on serum lipoprotein concentrations in humans / M. N. Vissers, P. L. Zock, G. W. Meijer [et al.] // *Am J Clin Nutr*. – 2000. – 72. – P. 1510 – 1515.

31. Moreau R.A. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. / R.A. Moreau, B.D. Whitaker, K.B. Hicks // *Prog. Lipid Res*. – 2002. – 41. P. 457 – 500.

32. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied γ -oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men / A. Berger, D. Rein, A. Schäfer [et al.] // *European Journal of Nutrition*. – 2005. – 44 (3). – P. 163 – 173.

33. Proposed mechanisms of cholesterol-lowering action of plant sterols / E. A. Trautwein, J. E. Duchateau, S. M. Guus [et al.] // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2003. – 105 (3-4). – P. 171 – 185.

34. Plat J. Plant sterols and stanols: Effects on mixed micellar composition and LXR (target gene) activation / J. Plat, J. A. Nichols, R. P. Mensink // *Journal of Lipid Research*. – 2005. – 46 (11). – P. 2468 – 2476.

37. Intakes and major dietary sources of cholesterol and phytosterols in the British diet / G. M. Morton, S. M. Lee, D. H. Buss, P. Lawrance // *J Hum Nutr Diet*. – 1995. – 8. – P. 429 – 440.

35. Berger A. Plant sterols: factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients / A. Berger, P. Jones, S. Abumweis // *Lipids in Health and Disease*. – 2004. – 3 (1). – P. 5.

46. The Garden of Eden--plant based diets, the genetic drive to conserve cholesterol and its implications for heart disease in the 21st century / D. J. Jenkins, C. W. Kendall, A. Marchie [et al.] // *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. – 2003. – 136. – P. 141 – 151.

37. Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels / M. B. Katan, S. M. Grundy, P. Jones [et al.] // *Mayo Clin Proc.* – 2003. – 78. – P. 965 – 978.

38. Plant sterol ester enriched milk and yogurt effectively reduce serum cholesterol in modestly hypercholesterolemic subjects / M. Noakes, P. M. Clifton, A. M. E. Doornbos, E. A. Trautwein // *Eur J Nutr.* – 2005. – 44. – P. 214 – 22.

39. Weber N. Plant sterols and steryl esters in functional foods and nutraceuticals / N. Weber, K. D. Mukherjee // *Nutraceutical Science and Technology.* – 2006. – P. 483 – 508.

40. Brufau G. M. A. Phytosterols: physiologic and metabolic aspects related to cholesterol-lowering properties / G. Brufau, M. A. Canela, M. Rafecas // *Nutrition Research.* – New York : NY, United States. – 2008. – 28(4). – P. 217 – 225.

41. Kritchevsky D. Phytosterols-health benefits and potential concerns: a review / D. Kritchevsky, S. C. Chen // *Nutrition Research.* – New York : NY, United States, 2005. – 25(5). – P. 413 – 428.

42. Plat J. Plant Stanol and Sterol Esters in the Control of Blood Cholesterol Levels: Mechanism and Safety Aspects / J. Plat, R.P. Mensink // *American Journal of Cardiology.* – 2005. – 96(1A). – P. 15D – 22D.

43. Plant sterols in vegetables, fruits and berries / Vieno Piironen, Jari Toivo, Riitta Puupponen-Pimia, Anna-Maija Lampi // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 2003. – Vol. 83, Is. 4. – P. 330 – 337.

44. β - Sitosterol: Supercritical Carbon Dioxide Extraction from Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Seeds / Marie Sajfrtová, Ivana Ličková, Martina Wimmerová // *Int. J. Mol. Sci.* – 2010. – 11. – P. 1842 – 1850.

45. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes / E. Ryan, K. Galvin, T. P. O'Connor [et al.] // *Plant Foods Hum Nutr.* – 2007. – 62. – P. 85 – 91.

46. Chemical Composition and Oxidative Stability of Selected Plant Oils / Arkadiusz Szterk, M. Roszko, E. Sosińska [et al.] // *J Am Oil Chem Soc.* – 2010. – 87. – P. 637 – 645.

47. Lipid Profiles of Tunisian Coriander (*Coriandrum sativum*) / Jazia Sriti, Wissem Aidi Wannes, Thierry Talou [et al.] // *J Am Oil Chem Soc.* – 2010. – 87. – P. 395 – 400.

48. Variations in Fatty Acids, Phospholipids and Sterols During the Seed Development of a High Oleic Sunflower Variety / M. D. Zlatanov, M. J. Angelova-Romova, G. A. Antova [et al.] // *J Am Oil Chem Soc.* – 2009. – 86. – P. 867 – 875.

49. Free and esterified sterol composition of edible oils and fats / Katherine M. Phillips, David M. Ruggio, Jari I. Toivo [et al.] // *J. Food Compos. Anal.* – 2002. – 15(2). – P. 123 – 142.

50. Piironen V. Natural Sources of Dietary Plant Sterols / V. Piironen, J. Toivo, A.-M. Lampi // *Journal of food composition and analysis.* – 2000. – 13. – P. 619 – 624.

51. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied γ -oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men / A. Berger, D. Rein, A. Schäfer [et al.] // *Eur J Nutr.* – 2005. – 44. – P. 163 – 173.

52. Jiménez-Escrig A. Common Sources and Estimated Intake of Plant Sterols in the Spanish Diet / A. Jiménez-Escrig, A. B. Santos-Hidalgo, F. Saura-Calixto // *J. Agric. Food Chem.* – 2006. – 54. – P. 3462 – 3471.

53. Lagarda M. I. Analysis of phytosterols in foods / M. I. Lagarda; G. Garcia-Llatas, R. Farre // *I. Pharm. Biomed. Analysis.* – 2006. – 41. – P. 1486 – 1496.

54. Schreiner M. Vegetable crop management strategies to increase the quantity of phytochemicals / M. Schreiner // *Eur J Nutr.* – 2005. – 44. – P. 85 – 94.

55. Food sources of plant sterols in the EPIC Norfolk population / S. Klingberg, H. Andersson, A. Mulligan [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2008. – 62(6). – P. 695 – 703.

56. Зубар Н. М. Основи фізфіології та гігієни харчування: Підручник. — К.: Центр учбової літератури, 2010. – 336 с

57. Карпик Г. В. Харчові волокна фруктів та овочів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/20027/2/ConfATMT_2016vII_Karpyk_G_V-Dietary_fiber_of_fruits_233-234.pdf

58. Ячмінь дворядний [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ячмінь_дворядний

59. Ячмінь [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://nsfond.gov.ua/index.php?Itemid=5&id=5&lang=uk&option=com_content&vie

60. Youssef , M.K.E.S. Nutritional assessment of barley, talbina and their germinated products / M.K.E.S. Youssef , F.A.E.K. El-Fishawy, E.A.E.N. Ramadan, A.M. Abd El-Rahman // Scientific Journal of Crop Science. – 2013. – P. 8 – 9.

61. Ullrich S. E. (ed.). Barley: Production, Improvement, and Uses. — Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2009. — 664 p.

62. Есенціальні фосфоліпіди: реалії та перспективи застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.umj.com.ua/article/2721/esencialni-fosfolipidi-realii-ta-perspektivi-zastosuvannya>

63. Смоляр В. І. Концепція ідеального жирового харчування / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2006. – № 4. – С. 5–13.

64. Левачов М.М. и др. Развитие исследований в области оценки биологического действия жировой части рационов // Теоретические и клинические аспекты науки о питании. 2006., – Т.VII. –С. 34–44.

65. Левицкий А.П. Идеальная формула жирового питания. –Одесса, 2002. 62 с.

66. Вітаміни в харчування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://8next.com/bl/3363-bl_0146.html

67. Institute of Medicine (US). Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. — Washington, DC: National Academies Press, 2000. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/9810/dietary-reference-intakes-for-vitamin-c-vitamin-e-selenium-and-carotenoids>.

68. Дубініна А.А. Товарознавство вторинної сировини : навч. посіб. / А.А. Дубініна, З.П. Карпенко, С.О. Дубініна, Г.А. Селютіна. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2009. – 336 с.

69. Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. // Nutrients. 2013, 5(4), 1417–1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>

70. Дерканосова Н.Г. Праця зернопереробних підприємств в 2014-2015

роках. Зберігання та переробка зерна // Українське видавництво. 2015. – № 12. – с. 61 – 68.

71. FAO. Animal feed resources and feed formulation (сучасні огляди кормових компонентів). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fao.org/>

72. Зінченко О.І. Рослинництво: підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 591 с.

73. Соц С. М. Борошно та висівки – нові продукти із голозерного вівса / С.М. Соц, В.Т. Гулавський, І.О. Кустов // Зернові продукти і комбікорми, 2016. – №62(2).

74. Slavin J. Dietary fiber and body weight / gut health benefits of fiber // *Nutrition*. — 2013. — Vol. 5(4). — P. 1417–1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>

75. Newman C. W., Newman R. K. Barley for food and health: science, technology, and products // *Cereal Foods World*. — 2012. — Vol. 57(1). — P. 1–8. <https://doi.org/10.1094/CFW-57-1-0001>

76. Ячмінь голозерний [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.zerno-ua.com/journals/2012/iyul-2012-god/golozernyy-yachmen>

77. USDA FoodData Central. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://fdc.nal.usda.gov/>

78. Гирка А.Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у північному степу України: дис. ... д-ра с/г наук / А.Д. Гирка – Дніпропетровськ, 2015. – 246 с.

79. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2017 рік : затв. Міністерством аграрної політики та продовольства України 19.01.2017 р. № 8. URL: www.minagro.gov.ua/rating/files/r2.pdf.

80. Wood P. J. Cereal β -glucans in diet and health // *J. Cereal Sci.* – 2007. – V. 46. – P. 230-238.

81. Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. *Plant Physiology and Development*. — 6th ed. — Sinauer Associates, 2015. [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

<https://global.oup.com/academic/product/plant-physiology-and-development-9781605352558>

82. Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P. *Food Chemistry*. — 4th ed. — Springer, 2009 (оновлювані перевидання використовуються донині). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-69934-7>

83. Рослинництво : підручник / [В. В. Базалій та [ін.]. — Херсон : Олді-плюс, 2015. — 520 с.

84. Briggs D. E., Boulton C. A., Brookes P. A., Stevens R. *Brewing: Science and Practice*. — Woodhead Publishing, 2004. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/book/9781855734906/brewing-science-and-practice>

85. Genetic variability in cereal carbohydrate compositions and potentials for improving nutritional value / H.Rudi, A. Uhlen, O. Harstad, O. Munck // *Animal Feed Science and Technology* / H.Rudi, A. Uhlen, O. Harstad, O. Munck., 2009. — (130). — P. 55–65.

86. Near infrared spectra indicate specific mutant endosperm genes and reveal a new mechanism for substituting starch with (1→3), (1→4)-β-glucan in barley / L.Munck, B. Moller, S. Jacobsen, I. Sondergaard // *Journal of Cereal Science* / L.Munck, B. Moller, S. Jacobsen, I. Sondergaard., 2009. — (40). — P. 213–222.

87. Anis'kov N.I. Study of naked barley cultivars of the VIR World collection under conditions of the Siberian Irtysh river region / N.I. Anis'kov, S.S. Krolevets // *Rus. Agricultural Sci.* 2008. V. 34. P. 293–295.

88. Ullrich S. E. *Barley Production, Improvement, and Uses* / S. E. Ullrich., 2011. — 603 p.

89. Delcour J. A., Hosney R. C. *Principles of Cereal Science and Technology*. — 4th ed. — AACC International Press, 2010. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.aaccnet.org/publications/Pages/Principles-of-Cereal-Science-and-Technology.aspx>

90. Shewry P. R., Piironen V., Lampi A. M. Phytochemical and functional properties of barley. In: *Cereal Chemistry and Technology*. — 2016.

91. ПАТ. 116667 Україна, МПК 2006 Хліб вівсяна родзинка / Михонік Л. А.; заявник і патентовласник Україна . науч.-дослідж. - № 201613459: заявл. 27.12.2016; опубл. 25.05.2017. Бюл. № 10
92. ПАТ. 94248 Україна, МПК А 23С 9/127 Кефір для геродієтичного харчування / Козачук О.А.; заявник і патентовласник Україна. Науч.-дослідж. - № 201404012: заявл. 14.04.2014; опубл. 10.11.2014. Бюл. № 21
93. ПАТ. 108354 Україна, МПК А 23 L 1/ 162 (2006.01) Цільнозернові макаронні вироби швидкого приготування / Нестек С.А.; заявник і патентовласник Україна. № 201209075: заявл. 23.12.2009; опубл. 25.09.2015. Бюл. № 23
94. ПАТ. 85869 Україна, МПК А 23 L 1/16 (2006.01) Макаранні вироби / Юрчак В. Г. ; заявник і патентовласник Україна. Науч.-дослідж. - № 201303599: заявл. 22.03.2013; опубл. 10.12.2013
95. Delcour J. A., Hoseney R. C. Principles of Cereal Science and Technology. — 4th ed. — AACCC International Press, 2010. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.aaccnet.org/publications/Pages/Principles-of-Cereal-Science-and-Technology.aspx>
96. Cavallero A. Improvement of spaghetti and bread with beta-glucan and tocopherols from naked barley flour / A. Cavallero, M. Viva, A. Stanca // Proc. of the 8th Intl. Barley Genet. Symp. – 2000, - V.1, - P. 282-285.
97. Newman C. Barley foods for good nutrition and health / C. Newman, R. Newman // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 107.
98. Yang J.-L. Barley β -glucan lowers serum cholesterol based on the up-regulation cholesterol 7 α -hydroxylase activity and mRNA abundance in cholesterol –fed rats / J.-L. Yang, Y.-H. Kim, H.-S. Lee, M.-S. Lee, Y. Moon // J. Nutr. Sci. Vitaminol. – 2003. – V. 49. – P. 381-387.
99. Hinata M. Metabolic improvement of male prisoners with type 2 diabetes in Fukushima Prison Japan Diabetes Res / M. Hinata, M. Ono, S. Midoikawa, K. Nakanishi // Clin. Pract. – 2007. – V. 77. – P. 327-332.

100. Newman R.K. Barley for food and health – science, technology and products / R.K. Newman, C.W. Newman // New York :John Wiley & Sons Inc. Publ. USA, 2009 – P. 245.

101. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <<http://www.bakertilly.ua/news/id1305>>.

102. Егоров Г. А. Технология муки и крупы / Г. А. Егоров, Т. П. Петренко. – Москва : Издательский комплекс МГУПП, 2014. – 334 с

103. Пат. 2245192 Российская Федерация, МПК В 02С9/04 Способ получения ячменной муки / Г.Ц. Цыбикова, Т.С. Козлова, Л.В. Сновицкая, О.Г. Аюшеева; заявитель и патентообладатель Восточно-Сибирский государственный технологический университет; заявл. 08.01.03 ; опубл. 27.01.05

104. Пат. 2113128 Российская Федерация, МПК6 А 23 С 9/20 Продукт для детского и диетического питания и способ его получения / Иунихина В.С., Курцева В.Г.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет; заявл. 01.07.96 ; Оpubл. 20.06.98.

105. Newman C. W., Newman R. K. Barley for food and health: science, technology and products // Cereal Foods World. — 2012. — Vol. 57(1). — P. 1–8. <https://doi.org/10.1094/CFW-57-1-0001>

106. Baik B. K., Ullrich S. E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest // Journal of Cereal Science. — 2008. — 48(2), 233–242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>

107. Пат. 33821 Україна, МПК: А21D 13/00 Склад цукрового печера «Пелюсток» / Давидович О.Я., Лозова Т.М., Сирохман І.В.; Опубл.: 10.07.2008.

108. Пат. 80525 Україна, МПК: А21D 13/08 Композиція інгредієнтів для приготування зтяжного печива / Іванова Г.С., Дабіжа Е.В., Макарова О.В., Іоргачова К.Г.; Опубл.: 10.06.2013

109 Пат. 101335 Україна, МПК: А21D 2/38 Суха борошняна суміш / Іванова Г.С., Мороз А.С., Шутенко Є.І., Волощенко О.С., Жигунов Д.О.; Опубл.: 10.09.2015

110. Пат. 38047 Україна, МПК: А61К 8/30, А61К 33/00 Засіб для видалення новоутворень шкіри / Тищенко Т.М.; Опубл.: 25.12.2008

111. Ячмень и его полезные свойства [Электронный ресурс – Режим :
доступа :
http://diamart.su/index.php?option=com_content&task=view&id=53
112. Відбір проб зерна і борошна. ISO 24333:2009 – Cereals and cereal products — Sampling. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/43169.html>
113. Органолептичний аналіз. ISO 6658:2017 – Sensory analysis — Methodology — General guidance. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/66586.html>
114. Визначення вологості. ISO 712:2009 (оновлена версія використовується ISO 712:2010) Cereals and cereal products — Determination of moisture content [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/43036.html>
115. Визначення зольності. ISO 2171:2007 – Cereals, pulses and by-products — Determination of ash yield [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/34339.html>
116. Крупність помелу (ситовий аналіз). ISO 5223:1995 – Test sieves for cereals [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/9072.html>
117. Шкідники зернових запасів. EN 15587:2017 – Cereals and cereal products — Determination of insects in grain [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/1c9c7a3f-1f7a-4c58-b3c5-6b5a7b6b1d2a/en-15587-2017>
118. Металомагнітні домішки. ISO 11050:1993 – Cereals and cereal products — Determination of impurities including metallic particles [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/1912.html>
119. Матяш Е. Т. Слагаемые здорового питания (Диетическое питание в современных условиях) : учебное пособие / Е. Т. Матяш. – Х. : ХИОП, 1991. – 96 с.
120. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення складу стеринової фракції. Газохроматографічний метод: ДСТУ ISO 6799-2002. – [Чинний від 2003-04-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2003. – 13 с.

121. Методи визначення кислотності [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/3540842/page:3/>
122. Крохмаль в продуктах [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://vseoede.net/?p=1552>
123. Качество и количество клейковины в муке [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://hlebinfo.ru/orientirovochnyie-metodyi-opredeleniya-kachestva-i-kolichestva-kleykovinyi-v-pshenichnoy-muke.html>
124. Амілопектин. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
125. Методика Analitika EBC 3.10.2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://analytica-ebc.com/index.php?mod=contents&method=538>
126. Дьяконов В. П. MathCad в математике / В. П. Дьяконов. – М. : Горячая линия Телеком, 2007. – 958 с.
127. Jain A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means // Pattern Recognition Letters. — 2010. — Vol. 31(8). — P. 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>
128. Aggarwal C. C., Reddy C. K. Data Clustering: Algorithms and Applications. — CRC Press, 2014. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.routledge.com/Data-Clustering-Algorithms-and-Applications/Aggarwal-Reddy/p/book/9781466558229>
129. Xu R., Wunsch D. Clustering. — Wiley-IEEE Press, 2009. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5255223>
130. Boyd S., Vandenberghe L. Convex Optimization. — Cambridge University Press, 2004. [Електронний ресурс]. - Режим доступу <https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/>
131. Miettinen K. Nonlinear Multiobjective Optimization. — Springer, 1999 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-5563-6>
132. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії : наказ № 272 [прийнятий Міністерством охорони здоров'я України 18 листопада 1999 р.].

133. Сирохман І.В. Товарознавство продовольчих товарів. Підручник / І.В. Сирохман, І.М. Задорожній, П.Х. Пономарьов – К.: Лібра, 1998. – 632 с.

134. Задорожній І.М. Товарознавство продовольчих товарів. Підручник / І.В. Сирохман, І.М. Задорожній– Львів, Коопосвіта, 2000. – 317 с.

135. Крохмаль в продуктах [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://vseoede.net/?p=1552>

136. Хімічний склад зерен ячменю. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5194907/page:6/>

137. Meadows D. H. Thinking in Systems: A Primer. — Chelsea Green Publishing, 2008. Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.chelseagreen.com/product/thinking-in-systems/>

Наукове видання

ДУБІНІНА Антоніна Анатоліївна
ЛЕНЕРТ Світлана Олександрівна
ЗАЙЦЕВА Валентина Миколаївна
КУКЛІНА Тетяна Сергіївна
ВІНДЮК Андрій Валерійович

**НОВІ ПРОДУКТИ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З
ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМ ЕФЕКТОМ**

Монографія

Комп'ютерний набір Кукліна Т.С.
Верстання Кукліна Т.С.

Підписано до друку 05.10.2026. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 7,67
Тираж 100 прим. Зам. №756.

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Університетська, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.