

**Т. М. ГОЛОВКО,
М. І. ПОГОЖИХ,
М. П. ГОЛОВКО
В. Г. ПРИМЕНКО,
А. О. ГЕЛІХ**

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЙ ДІСТИЧНИХ ДОБАВОК ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ,
ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕССЕНЦІАЛЬНІ МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ**

Монографія

**ХАРКІВ
ДБТУ
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Т. М. Головка, М. І. Погожих, М. П. Головка
В. Г. Применко, А. О. Геліх

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЙ ДІСТИЧНИХ ДОБАВОК ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ,
ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕССЕНЦІАЛЬНІ МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ**

Монографія

Харків
ДБТУ
2023

УДК 641.56.664.48
ББК 36.996.1
Н 34

Затверджено
Вченою радою Державного біотехнологічного університету
Протокол № 10 від 30 червня 2023 р.

Рецензенти:

Пасічний В.М. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій;

Черно Н.К. доктор технічних наук, професор, професор кафедри харчової хімії та експертизи Одеського національного технологічного університету

Головко Т.М.

Наукове обґрунтування технологій дієтичних добавок та харчових продуктів, збагачених на есенціальні мінеральні речовини : монографія / Т. М. Головко, М. І. Погожих, М. П. Головко, В. Г. Применко, А. О. Геліх. – Х. ДБТУ, 2023. – 1 електрон. опт. диск (сд-гом); 12 см, --

У монографії теоретично та експериментально обґрунтовано технологію дієтичних добавок як джерела збагачення харчових продуктів і страв на есенціальні мінеральні речовини та харчових продуктів з їх використанням.

Визначені закономірності в технологіях харчових продуктів оздоровчого призначення із використанням харчової сировини, дієтичних добавок та на основі хелатних комплексів. Розвинуто технологічні прийоми включення дієтичних добавок до виробництва харчових продуктів, збагачених на есенціальні мінеральні речовини.

Рекомендовано для наукових працівників, практичних спеціалістів, які вивчають технологію та питання створення харчових продуктів оздоровчого призначення, а також аспірантам та студентам спеціальності «Харчові технології».

УДК 641.56.664.48

© Головко Т.М., Погожих М.І., Головко М.П.,
Применко В.Г., Геліх А.О., 2023.
© ДБТУ, 2023.

З М І С Т

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕСЕНЦІАЛЬНІ МІКРОНУТРИЄНТИ	8
1.1 Актуальність та перспективи створення харчових продуктів з оздоровчими властивостями	8
1.2 Біологічне значення мікронутрієнтів в організмі людини	12
1.3 Наукові принципи та підходи до практичної реалізації збагачення харчових продуктів	23
1.4 Інноваційні технології функціональних харчових продуктів	37
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УСУНЕННЯ ДЕФІЦИТУ МІНЕРАЛЬНИХ ЕСЕНЦІАЛЬНИХ НУТРИЄНТИВ	49
2.1 Аналітичне обґрунтування кінетики метаболізму есенціальних мінеральних елементів	49
2.2 Теоретичне обґрунтування шляхів забезпечення фізіологічних потреб в есенціальних мінеральних елементах різних статево-вікових груп населення	59
2.3 Наукове обґрунтування шляхів подолання дефіциту мінеральних есенціальних речовин	66
2.4 Теоретичні моделювання створення дієтичних добавок на основі хелатних комплексів	59
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНИХ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК	74

3.1 Наукове обґрунтування та розробка технологій дитячих добавок на основі хелатних комплексів	74
3.2. Наукове обґрунтування та розробка технології мінерально-органічних дієтичних добавок (йодобілкової та селенбілкових)	81
3.3. Математичні розрахунки оптимальних співвідношень розмірів добавок при їх одночасному використанні	96
3.4 Вивчення дисперсності мінерально-органічних добавок в різних рідких середовищах	103
3.5 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикату з молюска прісноводного	108
РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕССЕНЦІАЛЬНІ МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ	146
4.1 Наукове обґрунтування та розробка технологій харчових продуктів оздоровчого призначення, збагачених на есенціальні мінеральні сполуки	146
4.1.1 Наукове обґрунтування та розробка технологій м'ясних посічених виробів з дієтичними добавками на основі хелатних комплексів	146
4.1.2 Наукове обґрунтування та розробка технологій тістових заготовок та макаронних виробів	149
4.1.3 Наукове обґрунтування та розробка технологій соусів з мінерально-органічними дієтичними добавками	163
4.1.4 Наукове обґрунтування та розробка технологій страв з молюсками	176
4.2 Експериментальні дослідження радіомодифікуючих властивостей дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду при тотальному опроміненні організму	192

4.2.1	Клінічна оцінка сполук селену та йоду за інтегральними показниками виживаності тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр	192
4.2.2	Гематологічні показники крові тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні сполук селену та йоду	203
4.2.3	Біохімічні показники сироватки крові тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні сполук селену та йоду	208
4.2.4	Морфологічні дослідження органів щурів при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні сполук селену та йоду	221
	РОЗДІЛ 5 КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	247
	ВИСНОВКИ	256
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	261

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДДСБ	–	добавки дієтичні селен-білкові
ДЗБМ	–	добавки збагачувальні білково-мінеральні
ФХП	–	функціональні харчові продукти
ТЗ	–	трийодтиронін
ТТГ	–	тіреотропний гормон гіпофіза
АКС	–	амінокислотний скор
КВАС	–	коефіцієнт відмінності амінокислотного скору
ПБЦ	–	потенційна біологічна цінність
ПНЖК	–	поліненасичені жирні кислоти
НЖК	–	ненасичені жирні кислоти
ВУЗ	–	вологоутримуюча здатність
БГКП	–	бактерії групи кишкової палички
КМАФАМ	–	кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів
ГДК	–	гранично допустимі кількості
ВПЗ	–	вологопоглинальна здатність
ЖУЗ	–	жироутримуюча здатність
ЖЕС	–	жироемульгуюча здатність
ЯМР	–	ядерно-магнітний резонанс
ЕПР	–	електронний парамагнітний резонанс
ГПХ	–	гостра променева хвороба
СТЖ	–	середня тривалість життя
АлТ	–	аланін аміотрансфераза
АсТ	–	аспартат аміотрансфераза
ГГТ	–	гаммаглутамілтрансфераза

ВСТУП

Харчування – один із найважливіших чинників, які забезпечують взаємозв'язок людського організму з навколишнім середовищем і значною мірою впливають на стан здоров'я, працездатність, розумову діяльність, витривалість організму до впливу шкідливих чинників виробничого, техногенного та природного походження. Особливе значення для підтримки хорошого стану здоров'я та довголіття людини має повноцінне та регулярне забезпечення організму всіма необхідними мікронутрієнтами: незамінними амінокислотами, вітамінами, мінеральними складовими. Причому найбільш доцільний і фізіологічний шлях надходження цих складових до організму – харчовий. На фоні дефіциту мікронутрієнтів виникають порушення метаболізму і так звані хвороби метаболічного походження. Такі захворювання виникають у разі дефіциту незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот і мінеральних речовин. Необхідно враховувати те, що на засвоєння мікронутрієнтів із їжі впливає низка чинників: вік людини, стать, відсутність патологічних станів із боку системи травлення, співвідношення окремих складових раціону харчування і співвідношення між окремими мікронутрієнтами.

Стосовно дефіциту мінералів частіше за все причиною тяжких захворювань є нестача заліза, йоду, кальцію, селену та ін. Найбільш доцільним, ефективним і економічно доступним шляхом кардинального покращення забезпеченості населення мікронутрієнтами є регулярне включення в раціон харчування продуктів оздоровчої дії. Як джерело незамінних мікронутрієнтів пропонуються білково-мінеральні добавки, які мають профілактичні властивості, але на сьогодні використовуються в обмеженій кількості продуктів харчування.

В монографії представлені наукові аспекти технологій дієтичних добавок та створення харчових продуктів, які б забезпечували динамічний баланс із надходження, засвоєння, депонування та виведення з організму мінеральних речовин.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕССЕНЦІАЛЬНІ МІКРОНУТРІЄНТИ

1.1. Актуальність та перспективи створення харчових продуктів з оздоровчими властивостями

Одним з головних чинників, які впливають на здоров'я людини, є харчування. Харчування забезпечує організм людини енергією, яка необхідна для нормального перебігу усіх процесів життєдіяльності. З продуктами харчування в організм надходять більшість необхідних компонентів – білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини та вітаміни [1-4]. Недостатня кількість цих мікро- та макронутрієнтів призводить до появи багатьох захворювань: порушення процесів обміну речовин, що призводить до передчасного старіння, зниження працездатності та показників розвитку, збільшення ймовірності розвитку депресії, виникають проблеми з шлунково-кишковим трактом, серцем та судинами, опорно-руховим апаратом [5-8].

Одним з напрямків рішення цієї проблеми є створення «продуктів харчування з оздоровчими властивостями». Під даним терміном розуміють використання продуктів природного походження, які при регулярному вживанні мають позитивний вплив на організм людини в цілому, або на окремі органи та їх функції. Також ці продукти мають потужні оздоровчі та лікувальні фактори впливу на конкретні механізми метаболізму. Саме тому актуальним є створення функціональних продуктів харчування, які дозволяють зменшити негативний вплив на організм людини та покращити склад раціону харчування [9-14].

Перші проекти зі створення оздоровчих продуктів харчування були розпочаті в 1984 році в Японії, а в 1987 році їх налічувалося близько 100 найменувань. В даний час з усього обсягу харчових продуктів функціональні складають не більше 10 %. У розвинених країнах продукти харчування з оздоровчими властивостями широко розповсюджені, а тому прогнозується,

що в найближчі роки частка цих продуктів досягне 30 %. Сьогодні провідними країнами з виготовлення та продажу функціональних продуктів є США та Японія, але й в Європі йде стрімкий розвиток даної галузі. Так лідерами на європейському ринку являються Німеччина (36,3 %), Великобританія (21,9 %) і Франція (15,0 %) [15-18].

Український ринок продуктів з оздоровчими властивостями представлений: продуктами для дітей грудного віку (кефіру і йогурту); продуктами для вагітних і матерів-годувальниць; продуктами для літніх людей (знежирений біфідойогурт, збагачений вітамінами); продуктами для людей з хронічними захворюваннями (наприклад, хворих на цукровий діабет) [19-22].

Проблема неповноцінного харчування має міжнародний характер. Представники урядів 159 держав, в тому числі Україна, у 1992 році підписали Всесвітню декларацію та План дій зі здорового харчування, спрямовані на усунення захворювань, зумовлених недостатністю мікро- та макронутрієнтів, зниження смертності та подовження тривалості життя за рахунок чинників, пов'язаних з харчуванням [5, 6, 23-26].

Всі продукти харчування з оздоровчими властивостями не містять будь-яких хімічних барвників або консервантів, вони складаються виключно з натуральних інгредієнтів. Ці продукти не потребують довгострокової термічної обробки. Вони здатні забезпечити або доповнити всю добову потребу організму людини в мікро- та макронутрієнтах (вітаміни, мінеральні речовини та ін.) [27-32].

В 2002 році М.Б. Роберфройд розподілив функціональні продукти на такі категорії:

1. натуральні продукти, які природно містять необхідну кількість функціонального інгредієнта або групи інгредієнтів;
2. натуральні продукти, додатково збагачені функціональним інгредієнтом або групою інгредієнтів;

3. натуральні продукти, з яких вилучений певний компонент, що перешкоджає виявленню фізіологічної активності наявних в них функціональних інгредієнтів;

4. натуральні продукти, в яких вихідні потенціальні функціональні інгредієнти модифіковані таким чином, що вони починають виявляти свою біологічну або фізіологічну активність або ця активність посилюється;

5. натуральні харчові продукти, в яких збільшується біозасвоюваність функціональних інгредієнтів, що входять до їхнього складу, в результаті тих чи інших модифікацій;

6. натуральні та штучні продукти, які в результаті застосування вищезазначених технологічних прийомів набувають здатності зберігати й покращувати здоров'я людини або знижувати ризик появи хвороби [33-36].

Продукти харчування збагачують в першу чергу:

1. пробіотиками;
2. молочнокислими бактеріями;
3. вітамінами (вітаміни групи А, В, Е, D);
4. мікроелементами (калій, залізо, йод, селен та ін.);
5. харчовими волокнами;
6. біофлавоноїдами;
7. антиоксидантами;
8. незамінними амінокислотами.

Нестача цих речовин в будь-якому віці негативно впливає на фізичний розвиток, захворюваність, успішність, сприяє поступовому розвитку порушень обміну речовин і в кінцевому підсумку перешкоджає формуванню здорового покоління. Особливо ця проблема постала перед населенням багатьох країн світу в зв'язку із забрудненням довкілля промисловими, транспортними викидами, сільськогосподарськими отрутами (пестицидами, нітритами та нітратами, солями важких металів) та радіонуклідами, що розповсюдились в результаті радіаційних аварій [37-40]. Недостатність будь-яких мікроелементів особливо небезпечна тим, що тривалий час не

проявляється клінічно. Це так званий "прихований голод". Тривалий та глибокий дефіцит мікро- та макронутрієнтів веде до тяжких захворювань та може бути причиною смерті [41-46].

Причинами нестачі мікроелементів в харчуванні населення України є:

1. зменшення мікроелементів у ґрунті;
2. забруднення довкілля токсикантами, які блокують доступність мікроелементів до кореневої системи рослин;
3. технологічна переробка сировини, що приводить до втрати частини мікроелементів;
4. зменшення потреби в енергії, а тому і в їжі;
5. монотонізація раціону, втрата різноманітності, перехід до вузького стандартного набору основних груп продуктів й готової їжі;
6. збільшення вживання рафінованих, висококалорійних, але бідних на вітаміни та мінеральні речовини продуктів харчування (білий хліб, макаронні вироби, цукор, алкогольні напої тощо);
7. зменшення вживання м'ясних та молочних продуктів, втрата національної звички до регулярного вживання великої кількості овочів, фруктів, городньої зелені тощо;
8. недостатнє використання в раціоні харчування морепродуктів (риби, молюсків, водоростей);
9. суттєве зростання потреб людини в мікро- та макронутрієнтах як важливого захисного чинника в умовах науково-технічної революції, підвищеного нервово-емоційного напруження, дії шкідливих факторів виробництва і зовнішнього середовища [47-52].

Саме тому актуальним сьогодні є розвиток галузі продуктів харчування з оздоровчими властивостями, адже як засвідчує світовий та вітчизняний досвід найбільш ефективним і доцільним заходом кардинального вирішення проблеми з економічної, соціальної, гігієнічної і технологічної точок зору є розробка і налагодження виробництва даних продуктів харчування, додатково збагачених дефіцитними мікроелементами до рівня, що відповідає

фізіологічним потребам людини. При цьому недоцільно збагачувати продукт лише одним, найбільш дефіцитним нутрієнтом [53-56].

Збагачення нутрієнтами харчових продуктів — це певне втручання в традиційно складену структуру харчування людини, необхідність якого продиктована об'єктивними змінами способу життя, набору і харчової цінності використаних харчових продуктів. Тому збагачення має відбуватися тільки в виробничих умовах на основі чітко сформульованих, науково обґрунтованих і перевірених практикою медико-біологічних і технологічних принципів й технологій [57-62].

Таким чином, проблемі безпеки мікронутрієнтів найважливішою умовою є дотримання такого принципу: загальне вживання мікроелементів з добовим раціоном, в тому числі із збагаченим продуктом, не повинно перевищувати $\frac{1}{2}$ фізіологічної потреби споживання [1, 2, 19, 20, 63-68].

1.2. Біологічне значення мікронутрієнтів в організмі людини

Нутрієнти (харчові речовини) – це органічні і неорганічні речовини, що входять до складу продуктів. Організм використовує нутрієнти для побудови та оновлення клітин і тканин, для регуляції біохімічних і фізіологічних функцій, а також для отримання енергії, необхідної для функціонування різних органів, виконання фізичної і розумової роботи, підтримки температури тіла. Харчові речовини розділяють на макро- і мікронутрієнти [69-72].

Макронутрієнти – це харчові речовини, потрібні організму у великих кількостях (вимірюваних десятками грамів щоденно). Це основні харчові речовини – білки, жири, вуглеводи, які дають організму енергію і поставляють "будівельний матеріал". До них слід відносити також питну воду і харчові волокна, які активно сприяють травленню [73, 74].

Мікронутрієнти – це харчові речовини, потрібні організму в малих кількостях (добова потреба вимірюється міліграмами і мікрограмами). Вони представлені вітамінами, ферментами та мінеральними речовинами.

Мікронутрієнти не є джерелами енергії, але беруть участь в її засвоєнні, а також в регуляції різних функцій і здійсненні процесів зростання і розвитку організму [75-78].

Вітаміни - це речовини високобіологічної дії, які беруть участь у всіх життєво важливих біохімічних процесах.

Вітаміни синтезуються головним чином у рослинах [79-82]. Людина отримує вітаміни безпосередньо з рослинною їжею або побічно – через продукти тваринного походження, в яких вітаміни можуть накопичуватися з рослинних матеріалів протягом життя тварини. В утворенні деяких вітамінів, наприклад, групи В відіграє роль мікрофлора травного каналу людини. А вітамін D може синтезуватися в організмі під дією ультрафіолетових променів [83, 84].

Вітаміни виконують в організмі каталітичні функції. Разом з білками вони утворюють ферменти і є необхідними компонентами тих чи інших ферментних реакцій. Цим пояснюється величезна роль незначних кількостей вітамінів в обміні речовин [85-88].

Достатня кількість вітамінів в їжі сприяє зростанню і відновленню тканин, допомагає оптимальному перебігу обмінних процесів і підтримує їх на такому рівні, щоб захисні властивості організму проти несприятливих факторів зовнішнього середовища зростали. Тому велике практичне значення має попередження вітамінної недостатності і забезпечення організму оптимальною кількістю вітамінів [89-92].

Потреба у вітамінах зростає при фізичних навантаженнях і нервово-психічній напрузі, при роботі в умовах підвищеної або зниженої температури, а також при прийомі деяких лікарських препаратів. Антибіотики, пригнічують кишкову мікрофлору, негативно впливають на вітамінний обмін [93, 94].

Хоча потреба організму у вітамінах невелика і обчислюється міліграмами, задовольнити її нелегко.

Надходження вітамінів в організм в нашій країні схильний до сезонних коливань. Це пов'язано з обмеженням споживання овочів, фруктів і ягід в

зимові і весняні місяці, а також зі зниженням вмісту вітамінів при тривалому зберіганні продуктів [95-100].

При нераціональному виробництві та кулінарній обробці харчових продуктів мають місце значні втрати і руйнування вітамінів. Найбільш стійкими є рибофлавін, піридоксин, кальціферол, токофероли. Швидше за інших руйнується аскорбінова кислота.

Вміст вітамінів в харчових продуктах дуже мінливе. У рослинних продуктах воно залежить від сорту і умов зростання, в продуктах тваринного походження - від умов утримання і вигодовування [101, 102].

Відомо 13 незамінних харчових речовин, які вважаються вітамінами. Їх прийнято ділити на водорозчинні та жиророзчинні: водорозчинні - це вітамін С і вітаміни групи В, а також Н і РР; до жиророзчинних належать вітаміни А, Е, D, К.

Ферменти – це біологічні каталізатори, що прискорюють хімічні реакції в організмі людини. Вони беруть участь в здійсненні практично всіх процесів життєдіяльності організму: сприяють відновленню ендоекологічного балансу, підтримують систему кровотворення, знижують тромбоутворення, нормалізують в'язкість крові, покращують мікроциркуляцію, а також постачання тканин киснем і поживними речовинами, нормалізують ліпідний обмін, знижують синтез холестерину низької щільності. У всіх життєво важливих біохімічних реакціях беруть участь більше трьох тисяч відомих до теперішнього часу ферментів. Ферментна недостатність, викликана генетичними порушеннями або іншими фізіологічними причинами, призводить до порушення здоров'я та серйозних захворювань [103, 104].

Багато ферментів можуть працювати як руйнівники і відновники, в залежності від обставин, розщеплюючи біомолекули на фрагменти або знову поєднуючи разом продукти розпаду. У людському організмі безперервно працюють тисячі різних ферментів [105-108]. Тільки з їх допомогою можливо оновлення клітин, трансформація поживних речовин в енергію і будівельні матеріали, знешкодження відходів метаболізму і чужорідних речовин, захист

організму від хвороботворних мікроорганізмів і загоєння ран. Залежно від того, які види реакцій організму каталізують ензими, вони виконують різні функції, найчастіше їх поділяють на травні і метаболічні [109, 110].

Травні виділяються в шлунково-кишковому тракті, руйнують поживні речовини, сприяючи їх потрапляння в системний кровообіг. Тільки при наявності ферментів відбувається метаболізм жирів, білків і вуглеводів. Ферменти ніколи не замінюють один одного, кожен з них має свою функцію, основними травними ферментами є амілаза, протеаза і ліпаза [111, 112].

Амілаза – гідролітичний фермент, утворюється переважно в слинних залозах та підшлунковій залозі, надходить потім відповідно в порожнину рота або просвіт дванадцятипалої кишки і сприяє утилізації глюкози з крові. Амілаза бере участь у перетравлюванні вуглеводів їжі, розкладає складні вуглеводи - крохмаль і глікоген, забезпечує збереження нормальних показників цукру крові. В даний час доведено, що 86% хворих на цукровий діабет мають недостатній вміст амілази в кишечнику. Різні типи амілаз діють на певні цукру: лактаза розщеплює молочний цукор - лактозу, мальтаза - мальтозу, сукразит розщеплює буряковий цукор сахарозу [113-116].

Протеаза – протеолітичний фермент, активно бере участь в процесах метаболізму і травлення, розщеплює харчові білки і руйнує практично будь-які білки, які не є компонентами живих клітин організму - білкові структури вірусів, бактерій та інших патогенів. Протеаза діє в шлунку, шлункових соках, в секреті підшлункової залози, розщеплює неперетравлений білок, клітинні уламки і токсини крові, в результаті імунна система активізується на боротьбу з бактеріальною інфекцією або паразитами. Протеаза необхідна при гострих і хронічних запальних процесах шлунково-кишкового тракту і печінки, при ожирінні і надлишковій вазі та судинних патологіях [117, 118].

Фермент ліпаза присутній в шлунковому соку, в секреті підшлункової залози, а також у харчових жирах і є найважливішим ферментом в процесі переварювання жирів, він синтезується в підшлунковій залозі і виділяється в кишечник, де розщеплює жири, що надходять з їжею і гідролізує молекули

жирів. Активність ліпази значно змінюється при захворюваннях підшлункової залози, при онкологічних захворюваннях і при неправильному харчуванні.

Метаболічні ферменти (ензими) каталізують біохімічні процеси всередині клітин, при яких відбувається як вироблення енергії, так і детоксикація організму і виведення відпрацьованих продуктів розпаду. Кожна система, орган і тканина організму має свою мережу ферментів [119, 120].

Але, якщо в організмі людини буде відсутня належна кількість мінеральних речовин, то вітаміни та ферменти також не будуть засвоюватись повною мірою. Мінеральні речовини відносяться до необхідних компонентів харчування людини, тому що забезпечують розвиток і нормальне функціонування організму. Вони є обов'язковою і складовою частиною всіх рідин і тканин організму і беруть активну участь у пластичних процесах.

Таким чином, оскільки вітаміни приймають активну участь у метаболізмі людини, існує необхідність враховувати сезонні коливання їх вмісту в їжі, вплив технологічних факторів на збереження їх в харчових продуктах, зміни вмісту вітамінів під час зберігання харчових продуктів. В свою чергу слід зазначити, що вітаміни впливають на активність ферментів, на стан епітелію, що впливає на рівень синтезу ферментів та їх активність. Тому, це необхідно враховувати при розробці шляхів подолання дефіциту мінеральних есенціальних речовин.

Найбільша частина мінеральних елементів зосереджена у твердих тканинах організму – у кістах, зубах; менша – у м'яких тканинах, крові і лімфі. У твердих тканинах переважають сполуки кальцію і магнію і фосфору, а у м'яких – кальцію і натрію [121-124].

Мінеральні речовини в залежності від їхнього вмісту в організмі поділяють на макро- і мікроелементи. До макроелементів, яких в організмі порівняно велика кількість відносяться кальцій, фосфор, магній, калій, натрій, хлор, сірка. Мікроелементи містяться в організмі в дуже малих кількостях. В даний час 14 мікроелементів визнані необхідними для життєдіяльності

людського організму: залізо, мідь, марганець, цинк, йод, хром, кобальт, фтор, молібден, нікель, стронцій, кремній, ванадій [125, 126].

Значення мінеральних речовин в організмі людини різноманітне. Насамперед, вони мають велике значення в побудові всіх тканин організму, особливо кісткових, беруть участь в регулюванні водно-сольового балансу, підтримують внутрішній тиск у клітинах і міжклітинній рідині, що необхідно для переміщення між ними корисних речовин і продуктів обміну [101, 102, 127, 128]. Функціонування нервової системи, серцево-судинної, травної та інших систем не може відбуватися без мінеральних речовин. Також вони впливають на захисні сили організму та імунну систему. Мінерали, зокрема, мікроелементи, активізують дію ферментів, є складовою частиною гормонів, вітамінів і тому беруть участь у всіх видах обміну речовин [129-132].

Кальцій необхідний організмові для побудови кісток, зубів, для нормальної діяльності нервової системи і серця. Він впливає на ріст і підвищує опірність організму інфекційним захворюванням. На солі кальцію багаті молоко і молочні продукти, жовтки яєць, риба, салат, шпинат, петрушка [133, 134].

Гіпокальціємія спостерігається при недостатності всмоктування кальцію внаслідок захворювань системи органів травлення, при застосуванні з лікувальною метою глікокортикоїдних і анаболічних стероїдних гормонів. В результаті можуть з'являтися парестезії, судом, розвиватися остеопороз.

Надлишок кальцію призводить до галюцинації, можливе навіть порушення функцій головного мозку, також цей елемент відкладається в м'язах, нирках і кровоносних судинах [89, 90].

Фосфор входить до складу кісток, впливає на функції центральної нервової системи, бере участь в обміні білків і жирів. Найбільше фосфору в молочних продуктах (особливо у сирах). Також він міститься у яйцях, м'ясі, рибі, бобових, хлібі [135, 136].

Недостатня кількість фосфору в організмі людини проявляється зниженням уваги і апетиту, болями у м'язах і кістках, частими інфекціями і

застудами, порушеннями роботи печінки, серйозними збоями в обміні речовин, крововиливами, патологічними змінами в серці, остеопорозом і різким зниженням імунітету.

При надлишку фосфору може виникнути нирково-кам'яна хвороба, вражається печінка і кишечник, розвивається анемія і лейкопенія - зменшується вміст лейкоцитів- з'являються крововиливи, виникають кровотечі, кісткова тканина втрачає кальцій, а фосфати, навпаки, відкладаються в кістках [137-140].

Магній впливає на нервову, м'язову і серцеву діяльність, розширює судини. Міститься у всіх продуктах рослинного походження, молоці, м'ясі, рибі.

Оскільки магній міститься практично у всіх клітинах, його дефіцит призводить до негативних наслідків для всього організму, зокрема, з'являються судоми м'язів, хвороби серця, безсоння, нервозність, почуття напруженості у всьому тілі, хвороби суглобів. Недостатність магнію призводить до напруження у всіх органах і системах організму [75-78].

Для серцево-судинної системи постійний дефіцит магнію загрожує підвищенням артеріального тиску, ішемічною хворобою серця, аритмією. Магній сприяє розслабленню серцевого м'яза, запобігаючи серцевим нападам.

Надлишок магнію призводить до дефіциту кальцію і фосфору.

Залізо необхідне для утворення гемоглобіну крові. Багаті на залізо м'ясо, печінка, нирки, яйця, риба, виноград, суниця, яблука, капуста, горох, картопля, курага [141, 142].

Дефіцит елемента призводить до різних патологічних процесів в організмі: залізодефіцитна анемія (недокрів'я), виникає при недостатньому надходженні з їжею через порушення всмоктування мінералу; геофагія; втома, м'язова слабкість, зниження імунітету; сухість і блідий вигляд шкірних покривів, деформація нігтів, ламкість волосся [143, 144].

Надмірне надходження заліза ззовні, патологічні стани внутрішніх органів можуть призводити до надлишку заліза і його накопичення в тканинах

і органах. У цьому випадку наслідки носять важкий характер: пригнічення антиоксидантної системи організму; виникнення новоутворень; підвищена пігментація шкіри; розвиток діабету, атеросклерозу та артритів.

Калій регулює водний обмін в організмі, посилює виведення рідини і поліпшує роботу серця. Міститься в сушених плодах (курага, урюк, чорнослив, родзинки), квасолі, картоплі, м'ясі, рибі, шпинаті, борошні, крупах [145-148].

Недостатня кількість калію в організмі людини підвищує ризик виникнення порушень обмінних процесів, що відбуваються в клітинах міокарда, відбуваються зміни в регуляції артеріального тиску, розвиваються ерозії слизових оболонок, з'являються сухість шкіри, слабкість і тьмянний колір волосся, погана регенерація шкіри [111, 112].

Надлишок калію в організмі порушує роботу серцевого м'яза, нирок, призводить до відкладення солей калію у зв'язках і підвищує ризик розвитку сечокам'яної хвороби. Крім того може викликати отруєння, а у деяких випадках настає навіть параліч кінцівок.

Натрій разом з калієм регулює водний обмін, затримуючи воду в організмі, підтримує нормальний осмотичний тиск у тканинах. У харчових продуктах натрію мало, тому його вводять з кухонною сіллю [149, 150].

Недолік натрію призводить до порушень роботи вестибулярного апарату, спостерігається порушення свідомості. Якщо вчасно не усунути дефіцит цього елемента, організм починає посилено виробляти, накопичувати азотисті сполуки, що загрожує серйозними відхиленнями в роботі організму, навіть до летального результату [127, 128, 151, 152].

Надлишок мінералу провокує поступовий розвиток серйозних захворювань. До них відносяться: гіпертонія, остеопороз, сечокам'яна хвороба. Підвищується ризик розвитку неврозів, цукрового діабету.

Хлор бере участь у регулюванні осмотичного тиску в тканинах і в утворенні соляної кислоти у шлунку. Надходить в організм з кухонною сіллю [121, 122, 141, 142].

При дефіциті хлору випадають волосся та зуби, якщо вміст цього макроелемента в організмі зменшується різко, це може призвести до коми і навіть летального результату.

При надлишку нутрієнта в організмі накопичується рідина, і це провокує підвищення кров'яного тиску. Можуть з'явитися: сухий кашель і біль у грудях, а також порушення травлення, що супроводжуються сильними болями, печією, нудотою і тяжкістю в шлунку [153-160].

Сірка входить до складу деяких амінокислот, вітаміну В, гормону інсуліну. Міститься в вівсяних крупах, яйцях, сири, м'ясі, рибі.

Нестача сірки може призвести до легеневої дисфункції, імунної недостатності, втрати пам'яті, розвитку ракових захворювань. Також через недостатнє надходження мінеральної речовини до організму людини значно падає імунітет, організм погано очищається від шлаків, що позначається на загальному стані, який проявляється у вигляді хронічної втоми і млявості [143, 144, 151, 152, 161-166].

Велика кількість сірки в організмі можна помітити при появі таких симптомів як: погіршення зору, слезоточивість, розвиток кон'юнктивіту, фурункули та висипи на шкірі. Крім цього погіршується слух, втрачається маса тіла, розвиваються хвороби верхніх дихальних шляхів.

Мідь і кобальт беруть участь у кровотворенні. Містяться у невеликій кількості в яловичій печінці, рибі, жовтку яйця, буряках, моркві, картоплі [77, 78, 133, 134, 167, 168].

Мідний дефіцит може призводити до зниження гемоглобіну в крові, швидкої втомлюваності, знебарвлення волосся, зміни кольору шкіри, підвищення рівня холестерину, ослаблення імунітету, появи судинних захворювань, порушення ліпідних обмінних процесів, що призводять до ожиріння, діабету або атеросклерозу.

Надлишок купруму в організмі людини проявляється в вигляді гострих отруєнь [125-128, 169, 170].

Недостатня кількість кобальту призводить до різних порушень: безсоння, розвиток неврозів, депресії; аритмії, порушення серцевої діяльності; підвищення рівня холестерину в крові; атеросклероз; розвиток вегето-судинної дистонії; порушення вироблення інсуліну, схильність до цукрового діабету; порушення травлення, зниження ваги та виснаження [97, 98, 171, 172].

Надлишок кобальту характеризується ураженням органів дихання, розвитком бронхіальної астми, склерозу легень; серцево-судинною недостатністю; збільшенням щитовидної залози.

Йод необхідний для діяльності щитовидної залози. При недостатньому надходженні йоду в організм розвивається зоб. Найбільше йоду в морській воді, морській капусті та в морській рибі, є також в яйцях, цибулі, салаті, шпинаті, хурмі [173-176].

Якщо в організмі недостатньо йоду, це призводить до дратівливості, сонливості, зниження інтелекту, погіршення пам'яті, млявості, постійної втоми. Дефіцит мікроелементу в жіночому організмі виявляється: мастопатією, порушенням менструального циклу, безпліддям. Нестача йоду в дитячому організмі викликає порушення мозкової діяльності, кретинізм, зниження кальцію в кістках, порушення статевого розвитку, крихкість кісток, порушення росту [97, 98, 127, 128, 177, 178].

Велика кількість йоду в організмі має такі наслідки, як м'язова слабкість, дратівливість, підвищення метаболізму, різке схуднення, раннє посивіння. депігментація шкіри, атрофія м'язів.

Фтор бере участь у формуванні зубів і кісткового скелету, міститься у питній воді [73, 74, 93, 94, 179, 180].

Основними наслідками нестачі фтору в організмі є остеопороз, карієс, а також випадання волосся.

Надлишок спричиняє безліч побічних ефектів, основними являються втрата голосу, зниження артеріального тиску, різка слабкість, болі в животі, підвищена сльозотеча [89, 90, 95, 96, 181, 182].

Також не менш важливим фактором для існування організму людини є здатність засвоїти усі мікро- та макронутрієнти, які надходять з продуктами харчування. Адже, всі нутрієнти мають здатність взаємодіяти між собою, причому ця взаємодія не завжди має позитивні наслідки. Тобто, одні мікроелементи можуть сприяти або запобігати засвоюваності інших вітамінів та мінеральних речовин [143,144].

Ці властивості мінеральних речовин мають назву антагонізм та синергізм. Антагонізм між елементами виникає в тому випадку, якщо їх спільна участь у хімічних реакціях призводить до погіршення дії одного з них. Так велика кількість цинку знижує рівень засвоюваності кальцію, кальцій та залізо являються антагоністами марганцю, а мідь перешкоджає засвоєнню молібдену [141, 142, 183, 184].

На відміну від антагонізму, синергізм – це комплексна дія елементів, при якому посилюється засвоюваність вітамінів та мінеральних речовин. Наприклад, вітамін Е та С захищають вітамін А від окислення, вітамін С допомагає накопичити вітамін В₉ в тканинах, а вітамін А збільшує засвоюваність заліза [153, 154, 185,186].

Синергізм та антагонізм елементів пов'язані з електронною будовою їх атомів і іонів. Якщо спостерігається подібність у будові двох або більше елементів, то вони здатні заміщати один одного в біохімічних системах, що і викликає антагонізм цих поживних речовин. Саме тому при створенні продуктів харчування з оздоровчими властивостями ці властивості мікронутрієнтів обов'язково враховуються [95, 96, 153, 154] .

Таким чином, надходження мікронутрієнтів до організму людини повинно бути за рахунок харчових продуктів з оздоровчими властивостями. Адже ці продукти збагачені цілим комплексом мінеральних речовин, які необхідні людині кожного дня, а наявність в них мінеральних речовин дозволить максимально використати функціонально-технологічний потенціал, таким чином забезпечити харчову та біологічну цінність будь-якого харчового продукту. Але слід відмітити, що вплив хімічного складу харчових

продуктів продовжують вивчати фізіологи, в тому числі у зв'язку з розвитком технології харчової продукції.

1.3 Наукові принципи та підходи до практичної реалізації збагачення харчових продуктів

Нестача в раціоні вітамінів, мінеральних речовин та мікроелементів у всьому світі визначається масовими і постійно діючими факторами, що негативно впливають на здоров'я людей. Згідно численних наукових повідомлень у ґрунті, кормі, воді та молоці різних біогеохімічних зон західного регіону України спостерігається нестача есенціальних мікроелементів [187-198].

Збагачення харчових продуктів вітамінами, макро- та мікроелементами – це серйозне втручання в структуру харчування людини. Необхідність такого втручання продиктована об'єктивними змінами способу життя, набору і харчовою цінністю продуктів, які використовуються в харчуванні [199-201]. Здійснювати його можна лише з урахуванням науково обґрунтованих і перевірених практикою принципів.

Стосовно даної проблеми в сучасній, переважно зарубіжній, науковій і технічній літературі використовують декілька термінів. Найбільш широке смислове значення має термін «збагачення» [202, 203]. Близький йому термін «нутрифікація» [202, 204, 205] підкреслює мету такого додавання для збільшення харчової цінності продукту харчування.

Термін «відновлення» – додавання до продуктів есенціальних нутрієнтів для заповнення їх втрат в процесі виробництва, зберігання та використання. Термін «фортифікація» або «посилення» [202] – додаткове збагачення продуктів бракуючими вітамінами і іншими есенціальними речовинами до рівня, що перевищує природний вміст в даному продукті. Поняття «стандартизація» [202, 204] – додавання есенціальних нутрієнтів для

вирівнювання, приведення до єдиного, стандартного рівня вмісту їх в різних видах або партіях однотипної продукції.

Оскільки цілий ряд згаданих вище термінів не знайшли в вітчизняній науковій літературі звичних еквівалентів, то найдоцільніше використовувати термін «збагачення» з вказівкою конкретних добавок (збагачення вітамінами, комплексами мікронутрієнтів та ін.) і цілей збагачення (заповнення витрат, підвищення харчової цінності та ін.).

Для того, щоб отримати максимальний ефект від збагачення харчових продуктів, всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) були запропоновані наступні критерії:

- очевидна потреба в поживній речовині для організму людини;
- харчові продукти, вибрані як носії поживних речовин, мають бути доступні представникам відповідних груп ризику;
- кількість поживних речовин, що додаються до харчового продукту, повинна бути достатньою для задоволення потреби в ньому при звичайному прийомі цього продукту в групі ризику;
- кількість поживних речовин, що додаються, не повинна надавати токсичної або іншої шкідливої дії при споживанні збагаченого продукту у великих кількостях;
- поживна речовина має бути біологічно доступною та стабільною в продукті, який є її носієм;
- вибраний продукт не повинен помітним чином перешкоджати утилізації харчової речовини;
- додавання поживної речовини не повинно негативно позначатися на органолептичних показниках при приготуванні харчового продукту і зберіганні;
- збагачення певного харчового продукту має бути технічно здійсненим;
- витрати на збагачення не повинні впливати на підвищення вартості збагаченого харчового продукту;

- необхідно розробити метод контролю і (або) збільшення рівня збагачення [206, 207].

На підставі критерій ВООЗ розроблені принципи збагачення харчових продуктів мікронутрієнтами [204]. При цьому враховуються основоположні дані сучасної науки про роль харчування і окремих харчових речовин в підтримці здоров'я і життєдіяльності людини, про потребу організму в певних харчових речовинах і енергії, про реальну структуру харчування і фактичну забезпеченість вітамінами, макро- і мікроелементами, а також величезний багаторічний світовий досвід по розробці, використанню і оцінці ефективності збагачених продуктів харчування.

Важливою являється й проблема дефіциту заліза в організмі людини, який може бути викликаний рядом таких причин як: нестача Феруму в раціоні харчування, посилений ріст організму, вагітність, втрата крові. Залізодефіцитної анемії можна запобігти, дотримуючись збалансованого раціону, багатого залізом, вітаміном В-12 і фолієвою кислотою [208, 209]. Ефективним шляхом подолання дефіциту Феруму може бути використання фармакологічних препаратів, що містять цей мікроелемент. Проте слід зважати на те, що при додаванні заліза до пігулок, які містять уже інші мікроелементи, можлива конкурентна взаємодія під час засвоєння їжі [210, 211].

Одним із основних способів подолання дефіциту залізу є збагачення харчових продуктів сполуками, які містять цей елемент. При цьому вони повинні задовольняти двом основним вимогам - високій біологічній доступності і низькій активності по відношенню до інших компонентів харчових продуктів і клітин організму [212, 213].

Проаналізувавши існуючу науково-технічну літературу щодо технологій збагачення, самі збагачуючі дієтичні добавки можна розділити на ті, що складені суто: 1 група – з харчової сировини або її частини; 2 – що мають в своєму складі і харчову сировину і доданий хімічний елемент; 3 – ті, що є хімічно чистими, цілком штучними.

Інновації в технологіях дієтичних добавок на основі харчової сировини.

Включення в продукти масового і побутового харчування натуральних харчових добавок, що сприяють захисту організму від шкідливого впливу внутрішнього і зовнішнього опромінення, які збагачують організм макро- і мікроелементами, вітамінами та біологічно-активними речовинами, є на даний час актуальним завданням для жителів забруднених територій і України в цілому. Однією з таких добавок є еламін, біологічно-активна добавка, що виготовляється в Україні з морської капусти – ламінарії.

Визначається доцільним застосування натуральних рослинних біодобавок, що мають значний вміст дефіцитних мікроелементів та інших біологічно активних речовин. Використання як біодобавки еламіну, враховуючи наш біогеохімічний регіон, збіднений за йодом, є вкрай актуальним [214, 215].

Авторами Кравцовим М. С., Шевченко І. О. та Кравцовою Л. І. на основі насіння льону розроблено біологічно активну добавку.

Розроблена добавка відноситься до харчової промисловості, а саме до біологічно активних добавок загальнозміцнювальної дії і може бути використана для раціонального та лікувально- профілактичного харчування.

Мета досягається тим, що біологічно активна добавка виготовляється з насіння льону. Склад продукту, мас. %: Насіння льону – 100,0.

Насіння льону багате на протеїни, жири, клей- ковину і дієтичну клітковину. Кожен з цих компонентів вносить свій внесок у цінність харчового раціону. Але вміст мінеральних речовин в даній дієтичній добавці не дозволяє забезпечити добову потребу.

Основними діючими речовинами, що утримуються в насінні льону, є: протеїни, полісахариди; рослинні волокна (лігнани); поліненасичені жирні кислоти (-ліноленова й ін.), вітаміни А, В, Е, F [216,217].

Вченими ХДУХТ в якості джерела засвоєння сполук Са запропоновано технологію переробки харчової кістки на харчовий кістковий напівфабрикат.

Доведено в експерименті на біологічних об'єктах біодоступність сполук Ca, їх радіозахисну дію в умовах техногенного забруднення.

Корекція і профілактика залізодефіцитних станів є глобальною проблемою людства, оскільки згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я латентний дефіцит заліза виявлено приблизно у 3,6 млрд. людей у всьому світі, а на залізодефіцитну анемію страждає ще 1,8 млрд [218, 219].

Як джерело збагачення харчових продуктів на сполуки заліза з метою усунення залізодефіцитних станів вченими ХДУХТ запропоновано низку добавок на основі крові забійної рогатої худоби. Унікальність добавок полягає в тому, що автори передбачили стабілізацію валентності заліза з утворенням стійко сполуки карбоксигемаглобіну, який не руйнується у процесі технологічної обробки.

Інновації в технологіях дієтичних білково-мінеральних добавок. На думку вчених Омельченко та Полумбрика, одним із перспективних способів розв'язання питання дефіциту мікроелементів є синтез комплексів Fe з біополімерами, зокрема з альгіновою кислотою та в подальшому їх застосування для корекції харчового статусу. Альгінова кислота (E400) представляє собою полісахариди, які побудовані із залишків p-D-маннуринової і a-L-гіалуринової кислот. Альгінова кислота і альгінати широко застосовуються в медицині (у якості антацидів) і як харчові добавки (загусники). До одних з головних цінностей альгінатів як гелеутворювачів є їх властивість утворювати термостабільні гелі. Харчові добавки з альгінатів широко застосовуються в харчовій індустрії для виготовлення фруктових желе, цукерок, мармеладу і освітлення соків. Альгінова кислота виводить із організму важкі метали (свинець, ртуть та інші) і радіонукліди. Важливим є той факт, що комплекси альгінатів з вмістом металів мають високу біодоступність та низьку токсичність [208].

Камілов Феликс Хусаїнович, Козлов Валерій Миколайович, Мамцев Олександр Миколайович шляхом об'єднання йоду в органічно зв'язаній формі, кристалічного йоду і йодистого калію, пектину і дистильованої води, здобули

йодовмісну біологічно активну добавку “Еламін-концентрат”. Лікувально-профілактична харчова біодобавка для дорослих та дітей, концентрат морської капусти – ламінарії.

Завдання, на яку направлено винахід, - створення йодовмісної біологічно активної добавки, що містить в якості діючого активного початку йод, стабілізований шляхом з'єднання з пектином-полісахаридом рослинного генезу, в співвідношенні складових інгредієнтів, які за умови забезпечення нормативного вмісту йоду в готовому продукті не порушують його структурно-механічних і смакових якостей, причому масова частка йодистого калію в добавці в два рази перевищує масову частку кристалічного йоду, при наступному співвідношенні компонентів , мас. %: йод кристалічний – 3,03-9,52; йодистий калій – 6,06-19,04; пектин – 30, 30-47, 62; вода дистильована – 23,81-60,61 [220,221].

На основі селену Капрельянцем Л.В. та Трегуб Н.С. також було розроблено пробіотичну добавку, одержання якої передбачає приготування живильного середовища, охолодження його до температури культивування, внесення чистої культури біфідобактерій і селену натрію, культивування мікроорганізмів і наступне відокремлення біомаси від культуральної рідини. Спосіб одержання пробіотичної селеновмісної добавки базується на тому, що паралельно приготування живильного середовища з селеном натрію, додатково готують живильне середовище для культивування лактобактерій, так само охолоджують, після чого обидва живильні середовища об'єднують при співвідношенні 1:1. Після внесення в отриману суміш інокуляту лакто- та біфідобактерій, додають 15-20 мкг/см селену натрію, а у відокремлену біомасу одають захисне середовище і висушують [222].

В РФ під власною назвою «Неоселен» випускалася біологічно активна добавка у вигляді концентрату для приготування розчину задля внутрішнього застосування у флаконах об'ємом 10 мл виробництва ТОВ «Ісинга – Забайкальський научно-производственный центр медико-биологических и экологических исследований» (Р №00586/01-2001). В науковий задум даної

БАД було покладено використання розчину селенової солі натрію (Na_2SeO_3) в соляній кислоті HCl 4%, державна реєстрація якого була анульована 12.03.2008 р. До цього, у відповідності до ТУ 9318-002-36020918-96, БАД «Неоселен» [223] одержували шляхом розчинення 0,05 %/мас Na_2SeO_3 в етиловому спирті 95% та очищеній воді. В результаті отримували безбарвну прозору рідину, яка випускалася у флаконах 0,05% розчину по 10 мл.

Відома дієтична добавка з мікроелементами, що містить здрібнене насіння розторопші, подрібнені листя стевії, насіння льону, ламінарії сушені при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: насіння льону – 55,0-73,0; листя стевії – 2,0-5,0; насіння розторопші – 5,0-10,0; ламінарії сушені – 20,0-30,0.

Недоліком дієтичної добавки є незбалансований склад необхідних макро- і мікроелементів, оскільки рослинні інгредієнти містять різну кількість мікроелементів, що важко контролюється і залежить від місця зростання рослин [224, 225].

Інновації в технологіях хімічно чистих дієтичних добавок. Організм людини потребує збагачення багатьма мікроелементами для нормального свого функціонування. Деякі добавки створюються шляхом логічного поєднання певних мікроелементів, що дозволяє збагатити продукт одразу кількома необхідними елементами. Наприклад, дієтична добавка у формі таблетки, що містить йод і селен. Дана розроблена добавка містить йод і селен, решта - інші речовини. При цьому йод і селен містяться у масовому співвідношенні приблизно 2:1 при вмісті йоду 100-400 мкг.

Дієтична добавка в формі таблетки масою 0,08 г може містити, в мкг: калію йодат – 253, селеніт натрію – 121, мікрокристалічна целлюлоза – 73931, гідроксипропілметилцеллюлоза – 1078, тальк – 1078, кроскармелоза натрію – 770, стеарат магнію – 770, діоксид титану – 616, мальтодекстрин – 613, пропіленгліколь – 385, колоїдний діоксид кремнію – 385.

Дієтична добавка згідно з корисною моделлю забезпечує фізіологічну добову потребу в йоді, яка в залежності від йододефіциту в організмі і маси тіла складає 100-400 мкг [226, 227].

Колективом авторів Гуліч М. М., Каплуненком В. Г. та Косіновим М. В. було встановлено, що даний комплекс має змінний кількісний спектр мікроелементів, що дозволяє адекватно підвищувати або знижувати їх концентрацію в рецептурі для збагачення відповідної групи харчових продуктів.

Мікроелементний комплекс може використовуватись для збагачення різних харчових продуктів: питної столової води, тонізуючих і інших напоїв, соків, компотів, молочних продуктів, варення, джемів, пива, винно-горілчаних виробів, консервів, живильних сумішей, харчових концентратів, кондитерських і хлібобулочних виробів, цукру, солі, соусів, смакових приправ і так далі. При цьому підвищується біологічна цінність харчових продуктів, поліпшується їх засвоюваність, активізуються біологічно активні компоненти [228, 229].

Дієтична добавка з мікроелементами відрізняється тим, що містить карбоксилати мікроелементів в наступних кількостях, мг/кг: карбок-силат міді - 0,3-20, карбоксилат цинку - 0,1-200, карбоксилат заліза - 2-200, карбоксилат молібдену - 0,005-1, карбоксилат кобальту - 0,005-1, карбок-силат хрому - 0,0001-1, карбоксилат селену - 0,001-1, карбоксилат вісмуту - 0,001-1, карбокси-лат марганцю - 1-20, карбоксилат срібла -0,0001-2, карбоксилат кремнію - 0,001-1, карбоксилат гер-манію - 0,002-1, карбоксилат ванадію - 0,0001-1, карбоксилат магнію - 10-1000 [230, 231].

На рис. 1.1-1.7 представлені хімічні формули де яких хелатів у вигляді цитратів.

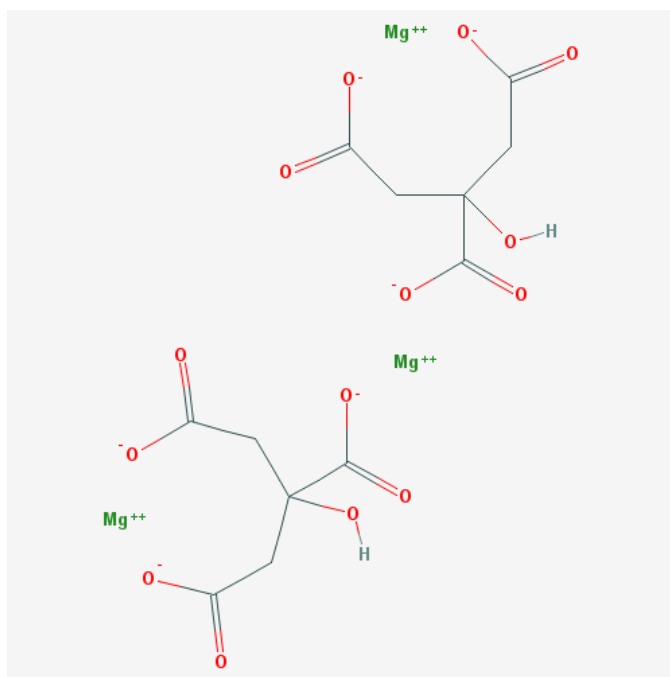


Рис. 1.1 Магнія цитрат тетрадекагідрат $C_{12}H_{10}Mg_3O_{14}$ (DL_{50} 847 мг Mg /кг маси тіла)

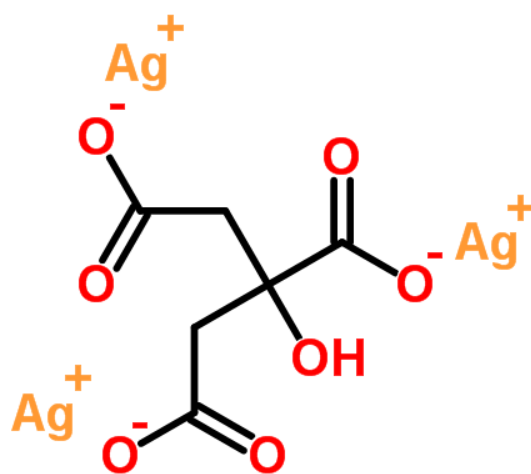


Рис. 1.2 $C_6H_5Ag_3O_7$ Silver citrate (DL_{50} 245 мг Ag /кг маси тіла)

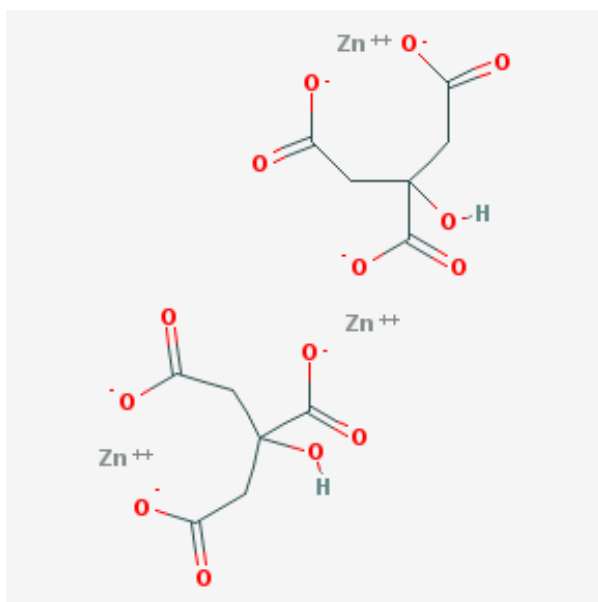


Рис. 1.3 $C_{12}H_{10}O_{14}Zn_3$ цинка цитрат дигідрат (DL_{50} 445 мг Zn /кг маси тіла)

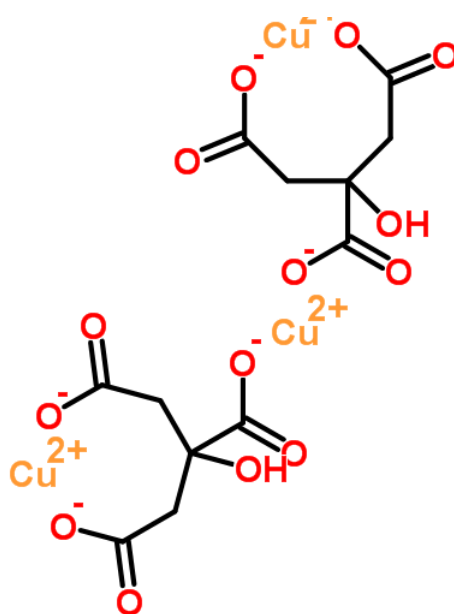


Рис 1.4 Міді цитрат пентагідрат (DL_{50} 173,4 мг Cu /кг маси тіла)

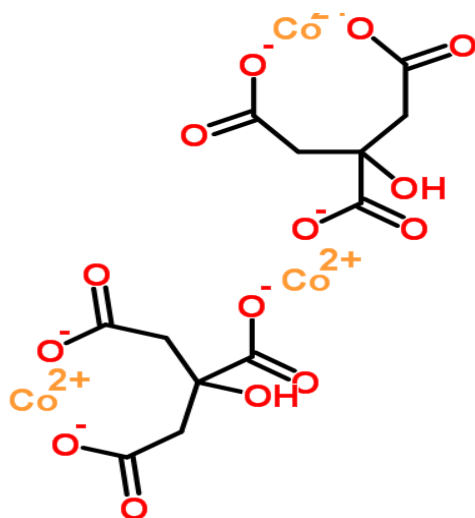


Рис 1.5 $C_{12}H_{10}Co_3O_{14}$ кобальта цитрат (DL_{50} 502 мг Со /кг маси тіла)

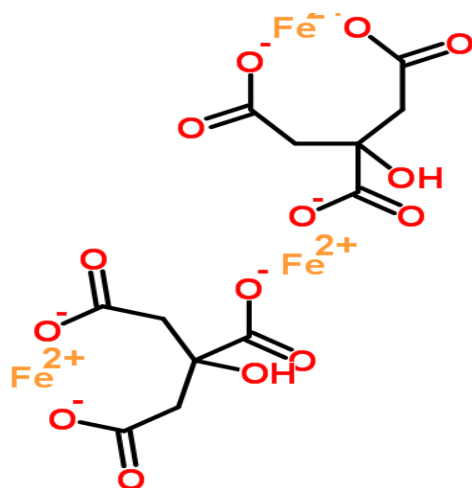


Рис 1.6 $C_6H_5O_7Fe \cdot nH_2O$ (DL_{50} 230 мг Fe /кг маси тіла)

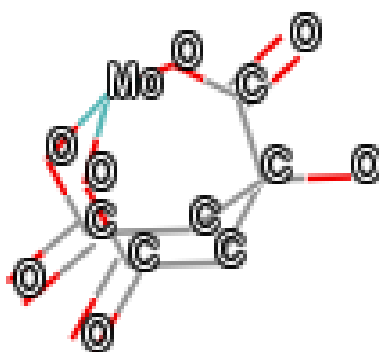


Рис 1.7 $C_6H_5MoO_7$ (DL_{50} 331,5 мг Мо /кг маси тіла)

Характеристика хелатних форм мінеральних елементів

№ з/п	Хімічна назва	Молекулярна формула	Концентрація елемента	Продукт після випаровування
1	2	3	4	5
1.	Хелат кальцію	$C_{12}H_{10}Ca_3O_{14}^*$ n H ₂ O	5000 мг/дм ³	Кристалізується у вигляді гігроскопічного порошку білого кольору. Після випаровування розчиняється у воді.
2.	Хелат фосфору	$C_{12}H_{10}P_3O_{14}^*$ n H ₂ O		Кристалізується у вигляді гігроскопічного порошку білого кольору. Після випаровування розчиняється у воді.
3.	Хелат магнію	$C_{12}H_{10}Mg_3O_{14}^*$ n H ₂ O	0,07-0,15 г/л	Кристалізується у вигляді гігроскопічного порошку білого кольору. Після випаровування розчиняється у воді.
4.	Хелат заліза	$C_{12}H_{10}O_{14}Fe_3^*$ n H ₂ O	2-5 г/л	Кристалізується у вигляді гігроскопічного порошку темно коричневого кольору. Після випаровування розчиняється у воді.

1	2	3	4	5
5.	Хелат йоду	$C_{12}H_{10}O_{14}I^*$ $n H_2O$	200 мг/дм ³	Кристалізується у вигляді гігроскопічного порошку жовтуватого кольору.
6.	Хелат селену	$C_{24}H_{28}O_{28}Se$	80-150 мг/дм ³	Кристалізується у вигляді гігроскопічного порошку білого кольору. При нагріванні розпадається на оксид селену та лимонну кислоту.

Ще одну універсальну мікроелементну добавку на основі гідратованих і карботованих наночастинок біогенних металів винайшли вчені Каплуненко В.Г. та Косінов М.В.

Це універсальна мікроелементна добавка на основі гідратованих і карботованих наночастинок біогенних металів, що містить воду, карбонову кислоту і наночастинок щонайменше одного металу з групи, що включає цинк, срібло, магній, марганець, залізо, мідь, кобальт, молібден, хром, селен, кремній, германій, ванадій, вісмут, яка відрізняється тим, що наночастинок хелатовані молекулами води і карбонової кислоти, при цьому молекули води і молекули карбонової кислоти утворюють навколо наночастинок змішані наногідратні і нанокарбоксилатні оболонки, в яких ліганди орієнтовані атомами водню до поверхні наночастинок і утворюють негативно заряджений зовнішній шар в наногідратних і нанокарбоксилатних оболонках, а наночастинок отримані диспергуванням металевих гранул імпульсами електричного струму у воді[232, 233]. Але ці добавки мають певні технологічні обмеження у асортименті харчової продукції.

Відома дієтична добавка “раполан-с” належить до галузі харчової промисловості, конкретно - до області дієтичних добавок, які, поряд зі спеціалізованими продуктами харчування, являють собою продукти, здатні найбільш ефективним способом усунути дефіцит необхідних організму для нормальної життєдіяльності біологічних речовин в дозуваннях, відповідних фізіологічним потребам організму. Дієтична добавка, що містить щонайменше один мікроелемент з групи, що включає біогенні метали: мідь, цинк, залізо, молібден, хром, селен, нікель, вісмут, марганець, срібло, кремній, германій, ванадій і магній [234, 235].

Для збагачення організму мікроелементами винайдено мікроелементний комплекс на основі нанокарбоксилатів біогенних металів для збагачення продуктів харчування щоденного вжитку, виробництва дієтичних добавок, функціональних продуктів та продуктів спеціального дієтичного призначення. Це мікроелементний комплекс на основі нано-карбоксилатів біогенних металів, що містить воду і нанокарбоксилати щонайменше одного металу з групи, що включає цинк, срібло, магній, марганець, залізо, мідь, кобальт, молібден, селен, кремній, германій, ванадій, вісмут, який, відрізняється тим, що відношення маси нанокарбоксилатів до маси хлор-, нітрат- і сульфат-іонів не менше 104, при цьому нанокарбоксилати отримані взаємодією карбонової кислоти з наночастинками металів, або наночастинками оксидів металів, або наночастинками гідроксидів металів у водному колоїдному розчині металів.

Таким чином, в роботах різних дослідників обговорюються питання, пов'язані з причиною дефіциту в харчових раціонах мінеральних речовин, вітамінів, біологічно активних речовин. Фахівці це пов'язують з нестачею есенціальних мінеральних речовин в ґрунті, кормах, воді і як наслідок цього в продуктах рослинного і тваринного походження. Інші дослідники вважають, що причиною дефіцитних станів є порушення процесу їх засвоєння, що є наслідком засвоювання органів шлунково-кишкового тракту. Забезпечити споживача необхідними нутрієнтами можливо різними шляхами. Забезпечення рослинних і тваринних харчових продуктів есенціальними

мінеральними речовинами пропонують шляхом застосування пігулок або БАД, харчові добавки, які пропонують використовувати не в складі харчових продуктів, але й у чистому вигляді. Проте існуючі добавки передбачає їх внесення лише в конкретні групи харчових продуктів для збереження функціонально-технологічних властивостей добавок. Також вони передбаченні для збагачення окремо і не наведено результатів їх комплексного використання.

1.4. Інноваційні технології функціональних харчових продуктів

Термін «функціональні харчові продукти» поступово поступається місцем терміну «оздоровчі продукти». Продукти функціональними визначати спочатку запропонували японці, потім американці й дещо пізніше – європейці досягли цього висновку: продукти мають бути, оздоровчими, тобто забезпечувати необхідну кількість містити поживних інгредієнтів, щоб забезпечити можливість виживання у нашому нинішньому середовищі. Такою умовою є здоров'я[236, 237].

Здоров'я – це важлива функція, яка залежить від змін хімічного складу харчової сировини, бо сама є змінною відповідно до зміни іншої величини – аргументу, у нашому разі – готової харчової продукції. З точки зору математики усе закономірно: зміни «в часі» харчових продуктів залежать від:(їхнього складу, якості, безпеки) і є наслідком змін (як позитивних, так і негативних) і від них залежить стан здоров'я[238, 239].

Специфічна діяльність живого організму має інший біологічний й сенс розуміння поняття «функція». Цей термін пов'язаний з специфічною діяльністю органів, тканин і клітин.

Розділ нутріціології, який займається вивченням харчових речовин та інгредієнтів їжі: їх взаємодією, метаболізмом, роллю в підтриманні здоров'я, або виникнення захворювань. Нехтування цього аспекту виключає створення продукту, який відповідає визначенню «функціональний»[240, 241].

Історію виникнення та розвитку цього нового покоління харчових продуктів детально висвітлено у науковій літературі. Поява у Японії терміна «функціональні» щодо харчових продуктів датується 1989 роком. У 1991 р. було запропоновано концепцію створення харчових продуктів, спеціально використовуваних для підтримання здоров'я (FOSHU – Food for Specified Health Use), яка знайшла активну підтримку у багатьох країнах світу[242,243].

Звертаючись власне до визначення й узагальнюючи всі наявні на сьогодні його тлумачення, що відбивають різні погляди про цю групу харчових продуктів, іноземні вчені запропонували ще одне формулювання: функціональними є харчові продукти, призначені для систематичного вживання у складі харчових раціонів усіма групами здорового населення[244, 245]. Ці продукти покликані зберігати і поліпшувати здоров'я та знизити ризик захворювань, пов'язаних із харчуванням, завдяки наявності в їхньому складі харчових функціональних інгредієнтів, що сприяють одній чи кільком фізіологічним функціям і перебігові метаболічних реакцій організму людини.

До функціональних складових відносять фізіологічно активні, безпечні речовини з стабільними у часі фізико-хімічними характеристиками, що для них виявлено та науково обґрунтовано властивості, корисні для поліпшення та збереження здоров'я, встановлено й затверджено норми щоденного вживання у складі харчових продуктів.

Від початку, за класифікаціями японських дослідників, основними категоріями функціональних інгредієнтів, які використовуються у технології ФХП, це продукти, що містять біфідобактерії, олігосахариди, харчові волокна, ейкозапентаєнову кислоту[246, 247]. В подальшому перелік функціональних інгредієнтів, які складають біологічно активну основу продуктів згідно з концепцією FOSHU, суттєво розширився і на сьогодні залучає сотні найменувань. При цьому для конструювання ФХП, як правило, традиційні харчові продукти передусім збагачують тими функціональними інгредієнтами, дефіцит яких домінує у тій чи тій місцевості або у тих чи тих груп населення[248, 249].

При використанні кількох функціональних інгредієнтів слід максимально визначати можливість їх одночасного застосування з точки зору хімічної взаємодії у самому продукті та їх біозасвоюваність після надходження до травного тракту.

Позитивні ефекти, що їх можуть надавати функціональні інгредієнти у складі харчового продукту на організм людини, спеціалісти пов'язують із різними видами фізіологічного впливу. Визначальними серед них є: позитивний вплив на метаболізм різних субстратів; захист проти сполук, які мають окисдантну активність; позитивна дія на серцево-судинну систему; позитивний вплив на фізіологію шлунково-кишкового тракту; позитивний вплив на стан кишкової мікрофлори; фізіологічний вплив на імунну систему [250, 251].

Основою технології створення функціональних харчових продуктів на нинішньому етапі визначено модифікацію традиційних продуктів, внаслідок чого підвищується вміст у продуктах корисних інгредієнтів до рівня, відповідного фізіологічним нормам їх вживання (10...50% від їх добової потреби)[252, 253]. Можна визначити умовно три основні категорії функціональних продуктів.

Першою категорією вважають традиційні продукти, які містять у незмінному вигляді значні кількості функціонального інгредієнта або групи інгредієнтів. Прикладом можна привести функціональні харчові продукти, які називають «органічними». Термін «органічні» можливо використовувати лише для продуктів, маса яких, виключаючи воду та сіль, складається не менше ніж на 95% із органічних інгредієнтів. У технологіях таких продуктів неприпустимо вживати антибіотики, гормони росту, пестициди, добрива на основі нафти або стічних вод, методи біоінженерії або іонізуючої радіації.

Терміни «функціональні» та «органічні» не є синонімами й не слід ототожнювати ці поняття, вважаючи, що «органічний» завжди відповідає критерієві «корисний для здоров'я». Порівняльний аналіз численних досліджень продуктів рослинництва свідчить, що органічна продукція, яка

вирощена з використанням лише натуральних добрив, фрукти, овочі та злаки є більш корисними, оскільки містять значно більше вітаміну С, заліза, магнію й фосфору. Середні відмінності за вмістом перелічених функціональних інгредієнтів в органічних і традиційних продуктах становлять: за вітаміном С – 27%, залізом – 21%, магнієм – 29%, фосфором – 14% [254, 255].

Наступний приклад функціональних продуктів першої категорії – соки, отримані безпосередньо з фруктової або овочевої сировини шляхом її механічного оброблення (соки прямого відтискання) [256, 257]. Це забезпечує збереження у кінцевому продукті незамінних нутрієнтів на рівні їх вмісту у вихідній сировині, чого не можливо досягти в технології традиційних продуктів цієї групи – відновлених соків (які отримані із концентратів).

Зрештою, внаслідок особливостей традиційної технології їх отримання, вміст вітамінів може виявитися зниженим у середньому на 20%, а вітаміну С – навіть на 60...80%.

До другої категорії входять функціональні харчові продукти, які на відміну від традиційних, містять технологічно знижений вміст шкідливих для здоров'я сполук та речовин.

До переліку таких речовин включено холестерин, тваринні жири з високим вмістом насичених жирних кислот, гідровані олії, що містять трансізомерні жирні кислоти; низькомолекулярні вуглеводи (цукроза); також натрій, джерелом якого може бути кухонна сіль.

Надмірне вживання перелічених харчових інгредієнтів шкідливе для здоров'я. Зокрема, воно вважається чинником ризику виникнення серцево-судинних захворювань.

Традиційний та закономірний підхід до розв'язання технологічних завдань отримання функціональних продуктів цієї категорії полягає у вибіркового вилученні або руйнуванні таких інгредієнтів.

Класичний технологічний прийом вилучення шкідливого компонента з харчового об'єкта – селективне екстрагування. Існує, також, спосіб CO₂-екстрагування холестерину з яєчних жовтків, які у багатьох випадках є

основним джерелом його надмірного надходження до організму людини [258, 259].

До числа технологічних прийомів, покликаних на вибіркоче руйнування небажаних нутрієнтів, входять деякі види ферментативного оброблення харчової сировини. Воно дозволяє технологічно знизити вміст компонентів, наявність яких у продукті знижує біологічну, фізіологічну активність або біозасвоюваність функціональних інгредієнтів продукту.

Наприклад, оброблення злаків ферментом фітазою приводить до деструкції присутнього у них фітату (інозитолгексафосфату), який здатен міцно зв'язувати такі важливі для харчування людини елементи, як кальцій, цинк і залізо, що першкоджає їх всмоктування у кишечнику. Після ферментативного оброблення зерен злаків забезпеченість організму цими елементами під час споживання зернових продуктів підвищується [260, 261].

Ще один шлях модифікації лежить в основі створення жирових продуктів, у яких технологічно знижено вміст тваринних жирів, холестерину або гідрованих жирів, які містять трансізомерні жирні кислоти.

Технологічним прийомом модифікації традиційних продуктів цієї групи на функціональні є часткова або повна заміна шкідливих для здоров'я інгредієнтів на більш цінні жирові компоненти (наприклад, рослинні олії) або їх часткове заміщення з використанням методу емульгування на нежирову фазу (наприклад, водну або молочну).

Необхідно враховувати, що зміна традиційного рецептурного складу, яка відбувається внаслідок заміни одних інгредієнтів на інші, безумовно, відбиватиметься на споживчих властивостях новостворених продуктів, з приводу чого модифікація традиційного продукту на функціональний не зводиться лишень до заміни інгредієнта, а являє собою складний процес конструювання продукту, яким притаманні відновлені традиційні споживчі та нові функціональні властивості.

Аналогічні технологічні завдання розв'язуються за допомогою модифікації продуктів із високим вмістом цукру. Так, у конфітюрах, де

традиційно міститься не менш ніж 65% цукрози, можливе суттєве її зниження, так як процес драглеутворення здійснюватиметься з використанням низькоетерифікованого пектину у присутності солей кальцію. При цьому формування традиційних споживчих властивостей (щільність і текстура драглів) на що впливатиме концентрація перелічених харчових добавок [262, 263].

Шкідливий для здоров'я також надлишок у раціоні натрію, зниження якого у харчових продуктах можна забезпечити шляхом заміни частини хлориду натрію, наприклад, солями калію. Забезпечення традиційного смаку буде пов'язано з раціональним добром співвідношення солей.

До третьої категорії функціональних продуктів належать збагачені харчові продукти.

Залежно від кількості інгредієнта, внесеного у збагачений продукт, технологи розв'язують два завдання:

По-перше, відновлення частково або повністю втраченого у технологічному процесі інгредієнта до вихідного рівня (рівня вмісту у вихідній сировині) враховуючи, що відновлений рівень м (за рахунок звичної порції продукту) задовольнить не менш ніж 10...50% середньої добової потреби у цьому інгредієнті.

По-друге, збагачення, додавання до складу продукту корисного інгредієнта у кількості, яка перевищує нормальний його вміст у природній сировині (або продукті, який не піддавався традиційному технологічному обробленню).

Технологія збагачення традиційних харчових продуктів залежать від рецептурного складу та агрегатного стану харчової системи, яка підлягає збагаченню; фізичних і хімічних властивостей (враховуючи термічну та хімічну стійкість) інгредієнтів, які підлягають збагаченню та технології отримання готового харчового продукту.

Вибір інгредієнта, на який необхідно збагатити, або їх комбінація, має здійснюватися з урахуванням їх сумісності між собою. Необхідно

враховувати інші інгредієнти, які входять до складу харчового продукту. Необхідно виключити можливість погіршення органолептичних властивостей або інших небажаних взаємодій, здатних гальмувати виявлення біологічної або фізіологічної активності введених інгредієнтів [264, 265].

Слід враховувати, що до структури ринку функціональних продуктів можна включити маргарини, спреди – жирові емульсійні продукти, збагачені поліненасиченими жирними кислотами, жиророзчинними вітамінами, фосфоліпідами, фітостеринами. Добре відомий маргарин торгівельної марки «Venecol», який збагачено вітамінами А, Е, D, бета-каротином та фітостеринами, він призначений для підтримання нормального рівня холестерину. Асортимент подібної продукції щороку розширюється і пропонується споживачам різних країн.

Із наведеного матеріалу видно, що в натуральних функціональних продуктах більшу частину природних нутрієнтів складають саме функціональні речовини. У функціональних (оздоровчих) продуктах, одержаних шляхом спеціального технологічного оброблення, функціональні інгредієнти є частиною так званих «харчових інгредієнтів».

Загалом до харчових інгредієнтів, як відомо, відносять дві їх категорії, які відрізняються хімічним складом, фізико-хімічними властивостями, біологічною активністю та харчовою цінністю: харчові технологічні добавки (або просто харчові добавки, в тому числі харчові поліпшувачі та збагачувачі); біологічно активні або функціональні харчові добавки [266, 267].

Український ринок функціональних продуктів поступово заповнюється не лише імпортними, а й вітчизняними продуктами, до числа яких входять пробіотичні кисломолочні продукти, різноманітні напої, збагачені вітамінами, мінеральними речовинами та розчинними харчовими волокнами. Він також включає хлібобулочні вироби, готові сніданки, кондитерські вироби. З'явилися вітчизняні жирові продукти покращеного жирно-кислотного складу за рахунок збагачення їх джерелами поліненасичених жирних кислот, вітамінізовані. Однак можливість позиціонування перелічених продуктів як

«функціональних» допустима лише за наявності відповідних нормативних документів, передусім – державного технологічного стандарту [268, 269].

Ще в 1968 р. американський учений Р.С.Гарріс описав п'ять завдань, необхідних для виконання при збагаченні харчових продуктів:

Відновлення оптимального рівня вмісту біологічно активних речовин.

Підвищення природного рівня вмісту біологічно активних речовин.

Збагачення традиційних харчових продуктів з метою збереження здоров'я.

Збагачення традиційних продуктів для забезпечення харчування, адекватного потребам організму людей різних вікових категорій, професійної діяльності тощо.

Збагачення, спрямоване на надання харчовому продуктові повноцінного складу.

До групи збагачених продуктів відносять:

Спеціалізовані продукти (для спортсменів, дітей, вагітних жінок, матерів-годувальниць, людей літнього віку, людей екстремальних професій тощо).

Лікувально-профілактичні та профілактичні продукти (для людей, які працюють на шкідливих виробництвах, проживають в екологічно несприятливих умовах, мають схильність до захворювань або уже хворіють на певні захворювання).

Функціональні продукти (для здорових людей і груп ризику).

Саме остання група продуктів користується сьогодні найбільшим попитом споживачів і на світовому ринку має тенденцію до постійного розширення. Результати останніх досліджень медиків, фізіологів, біологів, харчовиків дали можливість виявити кореляційну залежність між вмістом у продуктах окремих нутрієнтів та станом здоров'я населення. І це дозволило сформулювати новий погляд на їжу як на засіб профілактики та допоміжний засіб при лікуванні широкого спектру захворювань.

Успіхи в біохімії, клітинній біології, фізіології та патології підтвердили думку багатьох науковців, що їжа контролює різні функції в організмі людини і, як наслідок, впливає на нормалізацію стану здоров'я та зниження ризику виникнення ряду хвороб.

На основі цього передовими вченими світу сформульовано концепцію оздоровчого функціонального харчування, і на нинішньому етапі розвитку суспільства починає розвиватись нова наукова дисципліна – функціональна нутриціологія або фармаконутриціологія [270, 271].

Для створення в Україні індустрії оздоровчого харчування, для забезпечення усіх верств населення, незалежно від їхнього матеріального добробуту, функціональними продуктами, для практичної реалізації концепції функціонального харчування доцільно в практичних умовах промислового виробництва керуватись світовим досвідом створення оздоровчих продуктів.

Таким чином, основними етапами розроблення функціональних оздоровчих продуктів є такі:

I етап – вибір продукту, який потребує збагачення;

II етап – вибір функціональних інгредієнтів, які необхідно додати до традиційного продукту з врахуванням функціональних властивостей основного продукту;

III етап – вибір природного функціонального продукту як джерела необхідних функціональних інгредієнтів;

IV етап – дослідження сумісності за фізико-хімічними та біологічними властивостями доданого функціонального інгредієнта з компонентами продукту, який підлягає збагаченню;

V етап – вибір фізико-хімічної форми доданого функціонального інгредієнта або композиції таких інгредієнтів;

VI етап – складання рецептури функціонального продукту, яке здійснюють із регламентацією гарантованого вмісту функціонального інгредієнта, що повинен забезпечувати добову потребу людини в ньому на 10...50%;

VII етап – дослідження технологічних режимів підготовки функціонального інгредієнта та його внесення; вибір стадії технологічного процесу, найбільш придатної для внесення функціонального інгредієнта;

VIII етап – оцінка органолептичних, споживчих властивостей отриманого функціонального продукту та його біологічної цінності;

IX етап – оцінка економічної та соціальної ефективності виробництва і реалізації нового функціонального продукту, його конкурентоспроможності;

X етап – розроблення нормативно-технічної документації на виробництво нового функціонального продукту [272, 273].

Міжнародний досвід виробництва оздоровчих продуктів дав можливість сформулювати і використовувати на практиці основні етапи розроблення функціональних продуктів. Їх дотримання дозволить обрати належні харчові середовища для збагачення; необхідні функціональні інгредієнти, які виявляють синергічну дію один стосовно одного та стосовно компонентів харчових продуктів; вибрати найбільш раціональну стадію технологічного процесу для внесення збагачувача; скласти рецептуру оздоровчого продукту, всі функціональні інгредієнти якого забезпечують 10...50% добової потреби в них. Отримані за такою схемою функціональні продукти щороку розширюватимуть асортимент оздоровчої продукції, яка, разом з тим, буде конкурентоспроможною і матиме широкі експортні можливості.

В Україні виробництво харчових продуктів набирає високих обертів, з'являються нові способи збагачення продуктів харчування функціональними інгредієнтами та поповнюється асортимент продуктів широко вжитку. Прикладом можна назвати розробку вченими Національного університету харчових технологій «ХЛІБ З ОЗДОРОВЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ». Борошно, яке використовується для виробництва цього хліба, має високий вміст харчових волокон, що сприяють виведенню з організму шкідливих продуктів обміну речовин та стимулюють діяльність шлунково-кишкового тракту. До борошна додають вівсяні пластівці, які підвищують в výroбах вміст лізину, а також слугують додатковим джерелом вітамінів та мікро-

макроелементів. Львівська національна академія ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького запатентувала спосіб виготовлення фруктових кисломолочних напоїв "Спірулекс", збагачених йодом та селеном. Ці напої можуть бути використанні як продукти лікувально - профілактичного напрямку, тобто запобігти появі захворювань пов'язаних з дефіцитом йоду та селену в організмі людини [274, 275].

Донецький державний університет економіки і торгівлі ім. М.Туган-Барановського розробив молоко, яке відрізняється тим, що має високу кількість вітаміннів порівняно зі звичайним молоком. Суттю заявленого молока "Вітамінне" є те, що воно додатково містить харчову вітамінну добавку - препарат "Вітарон". Добавка-препарат містить розчинний β -каротин (провітамін А) - 2%, α - токоферол-ацетат (вітамін Е) - 0,8%, аскорбінову кислоту (вітамін С) - 0,8%. К [276, 277].

Для збільшення біологічної цінності хлібобулочних виробів вченні Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка запропонували використання зародків пшениці в технології хлібобулочних виробів оздоровчого призначення з борошна пшеничного озонованого. У пшеничних зародках сконцентровано велику кількість мікро- та макроелементів і легкозасвоюваних вуглеводів, що робить продукцію корисною дл здоров'я [278-280].

Одеська національна академія харчових технологій розробила композиція екструдованого сухого сніданку "успіх", яка відрізняється тим, що як вітамінно-мінеральну добавку вона містить добавку "Елевіт". Для збагачення готового продукту вітамінами групи В (В1 В2, РР, В6, Вс), аскорбіновою кислотою та мінеральними речовинами (Са, Fe) до складу екструдованих сухих сніданків пропонується вводити вітамінно-мінеральнудобавку «Елевіт» [281, 282].

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що існують різні шляхи усунення дефіциту різних есенціальних мінеральних речовин. Перший – використання природних продуктів, які містять дефіцитні мікронутрієнти.

Другий – вилучення з продуктів шкідливих інгредієнтів, аба тих, які перешкоджають засвоєнню елементів. Третій – збагачення харчової продукції дієтичними добавками за умов ретельного аналізу їх хімічного складу з метою виявлення інгредієнтів, здатних перешкоджати засвоєнню елемента, на який збагачено харчовий продукт. Але разом з тим існуючі технології збагачення харчової продукції не враховують подальшої участі елементів в механізмах їх комплексного засвоєння, підтримання рівня фізіологічного їх вмісту у крові, попередження зниження вмісту цих елементів до критичного рівня у крові і таким чином запобіганню клінічного прояву гіпомікроелементозів.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УСУНЕННЯ ДЕФІЦИТУ МІНЕРАЛЬНИХ ЕССЕНЦІАЛЬНИХ НУТРИЄНТІВ

2.1 Аналітичне обґрунтування кінетики метаболізму есенціальних мінеральних елементів

Слід зазначити, що залучення інтенсивних технологій вирощування в аграрному секторі, запровадження технологій рафінування харчових продуктів, поряд з позитивними результатами (подовження терміну зберігання продукції, підвищення врожайності, скорочення термінів вигодовування худоби і птиці) має негативні наслідки в процесі рафінування харчової сировини вилучаються есенціальні елементи (вітаміни, мінеральні речовини та ін.). Це стало причиною необхідності пошуку шляхів усунення цього дефіциту за рахунок використання харчових продуктів, багатих на есенціальні елементи, створення природних та штучних дієтичних добавок та їх стабілізація, щодо фізіологічної дії та ФТВ для технологій харчових виробництв.

Стабілізація необхідна для того, щоб есенціальні мінеральні речовини не тільки надійшли до організму, але й взяли участь у процесі метаболізму, тобто необхідно примусити організм адекватно відреагувати на їх надходження. Поряд з цим – інша проблема – деякі елементи (I, Se) організму необхідні в незначних кількостях. Оскільки ці елементи не знають перешкод для засвоєння, виникає загроза їх надмірного засвоєння і як наслідок цього прояв токсичної дії. Але це не стосується таких елементів, як Ca, Fe, Mg та ін., які потребують для засвоєння надходження у вигляді металоорганічних сполук. Тобто всі есенціальні сполуки потребують стабілізації – створення такої форми, яка буде засвоюватись, депонувати та приймати участь в метаболізмі організму людини.

Процес засвоєння мікроелементів (залізо, кальцій, цинк і ін) відбувається шляхом активного транспорту: вільний іон приєднується до транспортного білку, що дозволяє переносити даний іон в кровотік. Це відбувається з усіма мінеральними речовинами, що потрапили в наш організм. Такий процес називається органічною хелатацією. Якщо є порушення в органічній хелатації, то організм не впізнає мінерал як речовину, необхідну для засвоєння і відмовляється його використовувати. Найчастіше це відбувається з неорганічними солями мінералів, яким необхідно пройти певні зміни в різних середовищах організму (розщеплення, розчинення і засвоєння шляхом хелатації). Неорганічні солі мінералів при вживанні володіють рівнем біодоступності не більше 10% - 20%. А це означає те, що інші 90% не засвоюються, а навпаки спричиняють негативний ефект на організм при тривалому вживанні.

З вищенаведеного зрозуміло, що всі хімічні елементи повинні бути органічнозв'язаними для більшої біодоступності організмом людини. З урахуванням метаболізму кожного з хімічних елементів актуальним є пошук харчових джерел органічних сполук та їх використання для виготовлення харчових продуктів оздоровчого призначення. В організмі дорослої людини міститься приблизно 1200 г кальцію. 99% цієї кількості зосереджено в кістках і зубах, решті кальцій розподілений у внутрішньоклітинної та позаклітинної рідині. З їжею людина щодня споживає близько 1 г кальцію. У кислому середовищі шлунку солі кальцію дисоціюють, 20-40% макроелемента всмоктується.

Основним місцем абсорбції є тонкий кишечник, але деяка кількість цього елемента всмоктується в товстому кишечнику. Доступність кальцію для абсорбції залежить від багатьох дієтичних факторів, включаючи присутність фосфатів, жирних кислот і фітатів, які пов'язують кальцій і роблять його недоступним для абсорбції. Всмоктування в кишечнику здійснюється за рахунок активного транспорту проти електрохімічного градієнта, а також за рахунок пасивної дифузії (коли вміст кальцію в їжі і, отже, його концентрація в просвіті кишки надмірно зростають).

Після абсорбції кальцію в тонкому кишечнику він потрапляє в печінку та через кров переноситься до кісток та зубів (99%), які є депо та інших органів та тканин (1%). Виводиться кальцій з організму нирками і через кишечник. Схема метаболізму кальцію в організмі людини представлена на рис. 2.1. У сироватці крові кальцій знаходиться в трьох фракціях: іонізований (~ 50% загальної кількості), пов'язаний з білками (~40%) і з'єднаний з цитратом, фосфатом, лактатом і ін. Близько 90% білковозв'язаного кальцію пов'язано з альбумінами і 10% - з глобулінами.

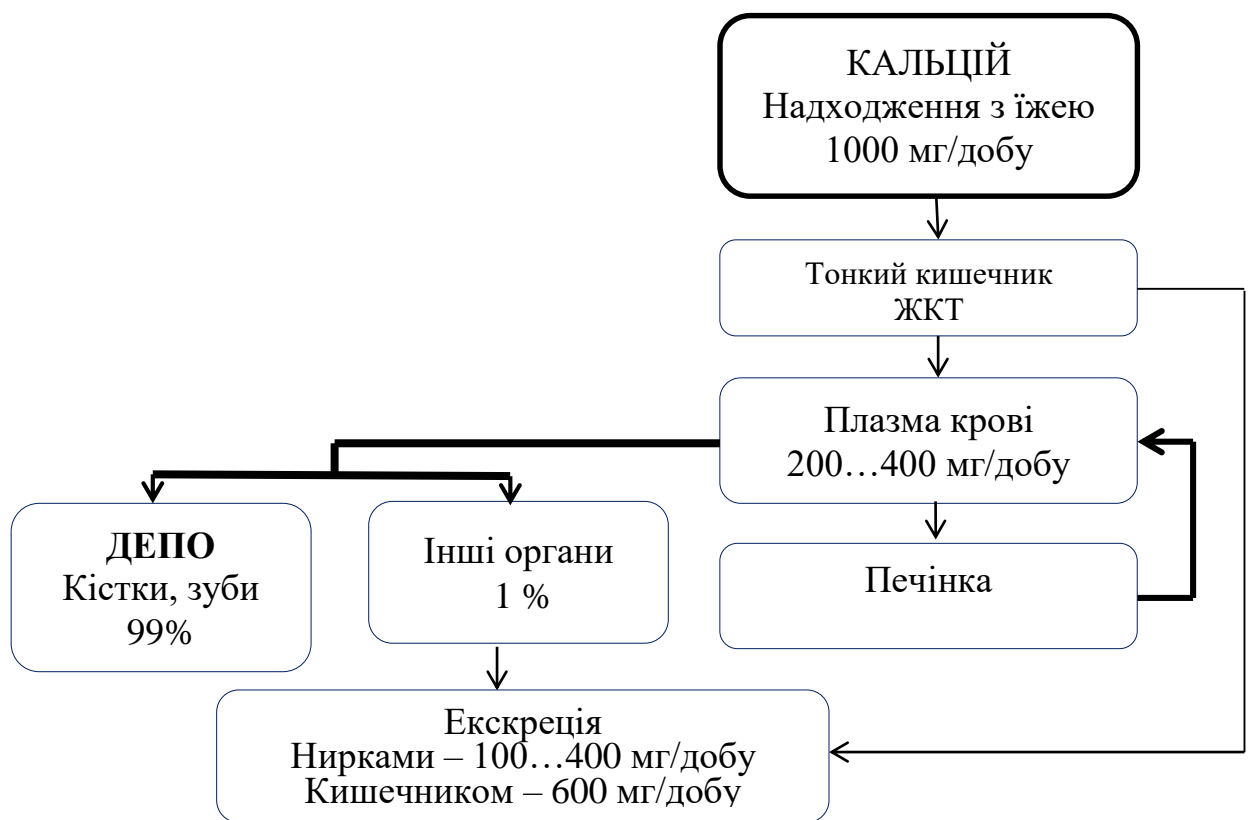


Рис. 2.1. Схема кінетики добового метаболізму кальцію в організмі людини

Обмін фосфору тісно пов'язаний з обміном кальцію. В організмі дорослої людини вміст фосфору становить близько 1% маси тіла, 90% якого депоновано в скелеті у вигляді кристалів гідроксиапатиту – ця частина служить резервуаром фосфору. 10% фосфору розподілено в позаклітинній рідині в формі іонів неорганічного фосфату і в клітинах у вигляді складних

ефірів. Сироватковий неорганічний фосфат так само, як і кальцій, міститься в крові у вигляді трьох основних фракцій: іонізованої, пов'язаної з білками і пов'язаної з натрієм, кальцієм і магнієм. Білкове зв'язування не настільки значимо для фосфату і становить 5-10%, 35% пов'язано з різними іонами, решта – іонізована фракція. Провідна роль в регуляції системного гомеостазу фосфору належить ниркам, що тісно пов'язано з канальцевим фосфорним порогом або максимальною тубулярною реабсорбцією фосфату. В середньому здорова людина з їжею споживає 1240 мг / добу. Чиста кишкова абсорбція фосфору – приблизно 775-820 мг або 60% від спожитого з їжею кількості. Нирки екскретують з сечею майже таку ж кількість фосфору. Ниркова екскреція фосфору безпосередньо пов'язана з його споживанням і тому коливається в межах 400-1240 мг / добу. Схема кінетики метаболізму фосфору в організмі людини представлена на рис. 2.2.

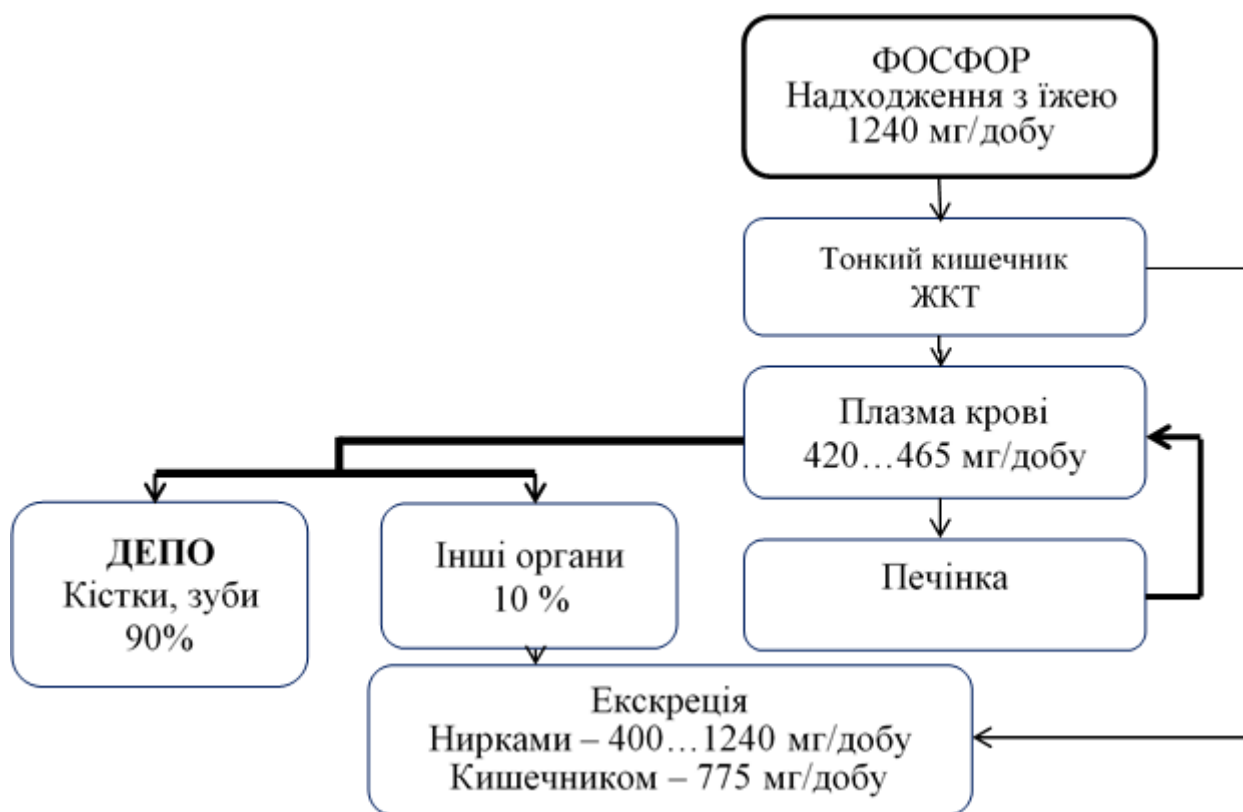


Рис. 2.2. Схема кінетики добового метаболізму фосфору в організмі людини

Магній надходить в організм з їжею і водою. Частина іонізованого магнію відщеплюється від магнезіальних солей їжі в шлунку і всмоктується в кров. Основна частина важко розчинних солей магнію переходить в кишечник і всмоктується тільки після їх з'єднання з жирними кислотами. У шлунково-кишковому тракті абсорбується до 40-45% магнію, що надійшов в організм. Відсоток абсорбції магнію регулюється його концентрацією в їжі і присутністю компонентів раціону, що пригнічують або сприяють його абсорбції.

Збільшення споживання кальцію кілька впливає на всмоктування магнію. У випадках, коли абсорбція магнію збільшується, спостерігається зростання його рівня в крові за допомогою підвищення екскреції з сечею. Збільшення перорального надходження магнію призводить до зменшення абсорбції фосфатів.

Концентрація магнію в крові у людини становить 2,3-4,0 мг%. У крові людини близько 50% магнію знаходиться в зв'язаному стані, а решта – в іонізованому. Комплексні сполуки магнію надходять у печінку, де використовуються для синтезу біологічно активних сполук.

Нирки відіграють ключову роль в гомеостазі. Виводиться магній з організму в основному з сечею (50-120 мг) і з потом (5-15 мг). Коли споживання магнію значно обмежена у людей з нормальною функцією нирок, виділення магнію стає невеликим.

Збільшення споживання магнію до норми підвищує сечову екскрецію без зміни рівня магнію сироватки за умови, що функція нирок нормальна, і вводиться кількість не перевищує максимальну фільтрацію.

Схема кінетики метаболізму магнію в організмі людини представлена на рис. 2.3.

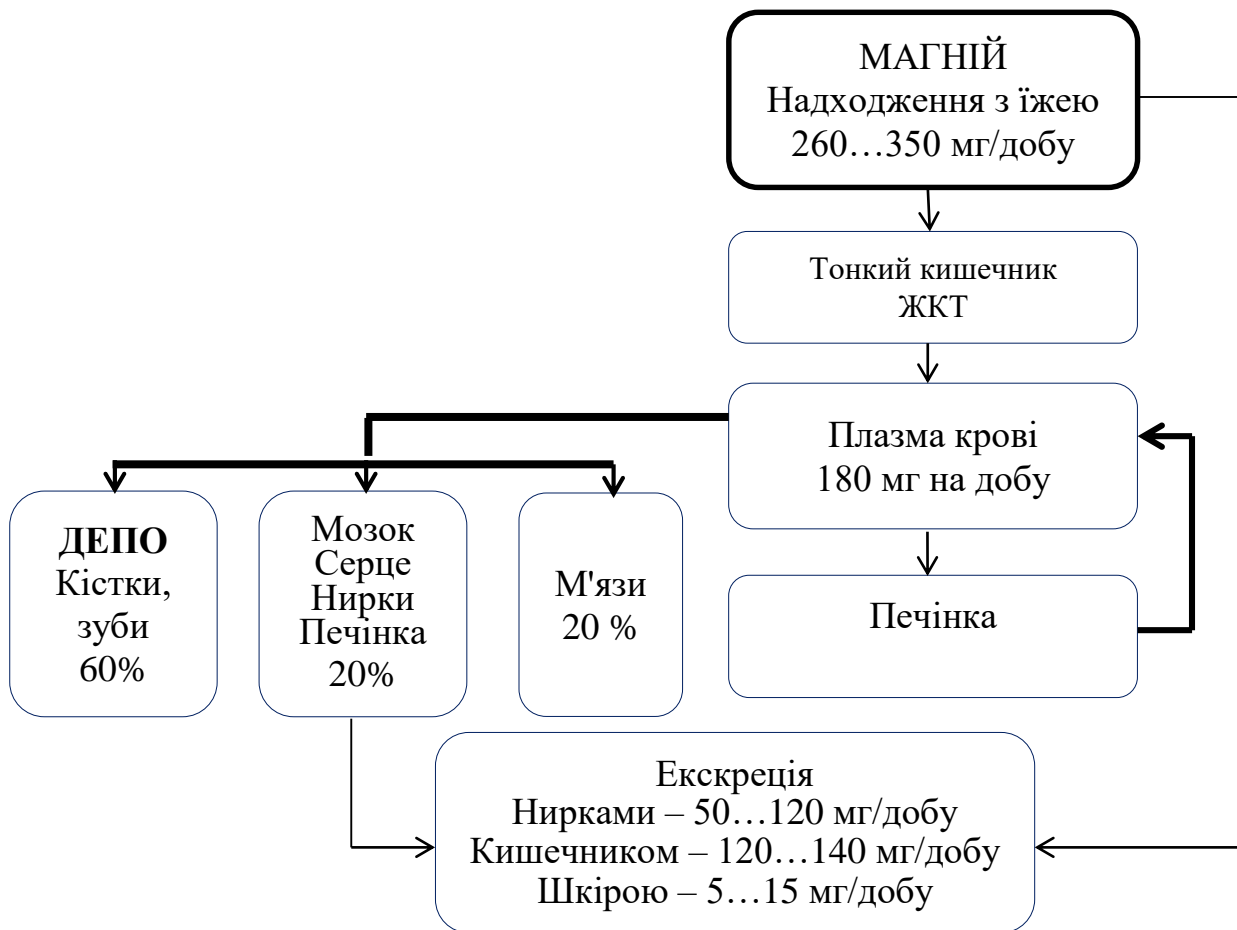


Рис. 2.3. Схема кінетики добового метаболізму магнію в організмі людини

Обмін заліза в організмі складається з декількох етапів: всмоктування в шлунково-кишковому тракті, транспорт, внутрішньоклітинний метаболізм і депонування, екскреція з організму. схема метаболізму заліза представлена на рис. 2.4.

Основним місцем всмоктування заліза є тонкий кишечник. Залізо в їжі міститься в основному в формі Fe^{3+} , але краще всмоктується в двухвалентній формі Fe^{+2} . Під впливом соляної кислоти шлункового соку залізо вивільняється з їжі і перетворюється з Fe^{3+} в Fe^{+2} . Цей процес прискорюється аскорбіновою кислотою, іонами міді, які сприяють всмоктуванню заліза в організмі. При порушенні нормальної функції шлунка абсорбція заліза в кишечнику погіршується. Транспортна система ентероцитів кишечника здатна підтримувати оптимальний рівень абсорбції заліза, що надходить з їжею. Залізо в судинному руслі з'єднується з трансферином та синтезується в печінці. Трансферин пов'язує 2 молекули Fe^{3+} . У фізіологічних умовах і при

дефіциті заліза тільки трансферрин важливий як залізотранспортуючий білок. Основними формами депонованого заліза є феритин і гемосидерин, які пов'язують "надмірне" залізо і відкладаються, практично, в усіх тканинах організму, але особливо інтенсивно в печінці, селезінці, м'язах, кістковому мозку. Фізіологічні втрати заліза організмом практично незмінні. За добу з організму виводиться практично та кількість заліза, що і потрапила з їжею.

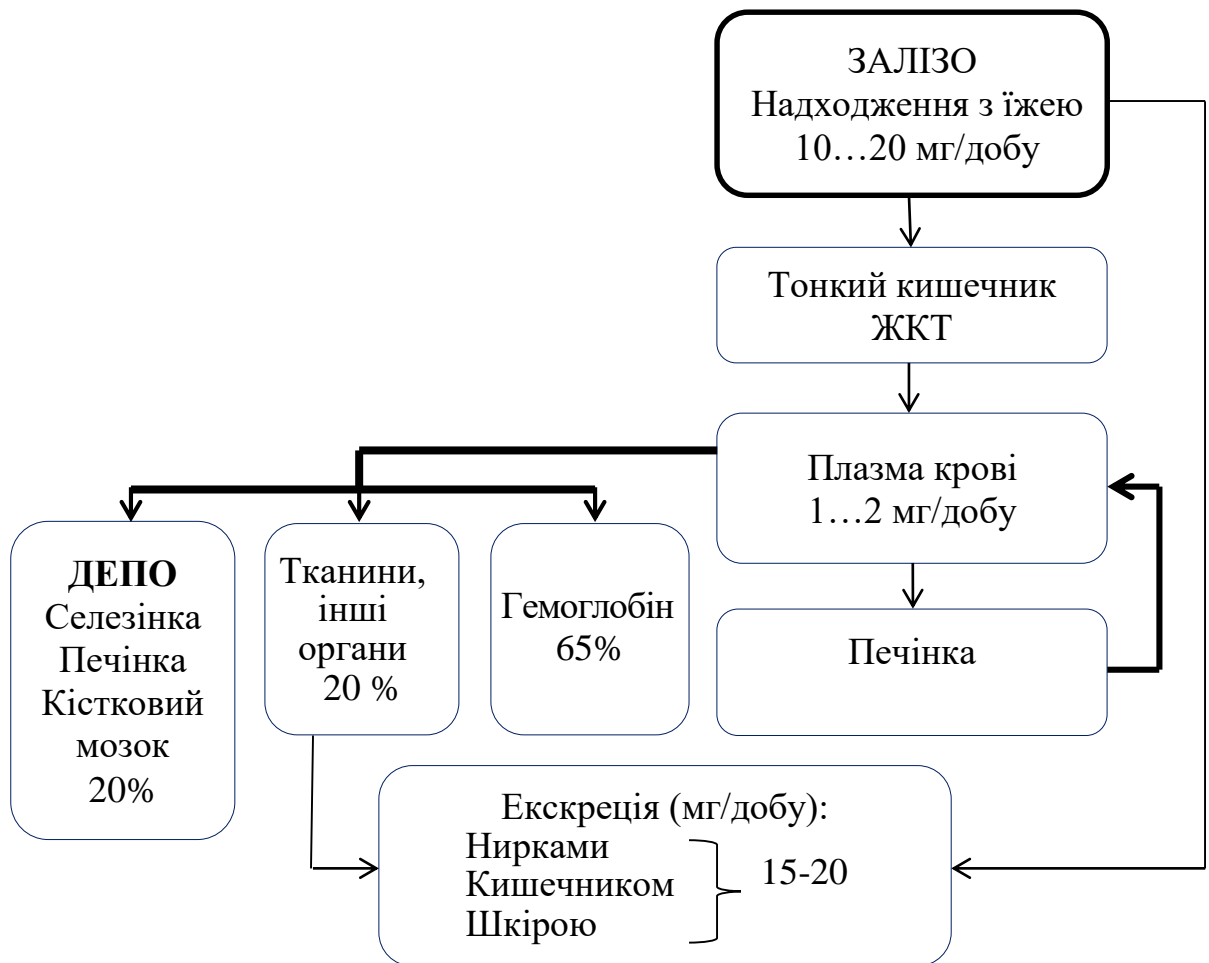


Рис. 2. 4. Схема кінетики добового метаболізму заліза в організмі людини

Йод, який надходить з їжею у вигляді йодиду, всмоктується в кишечнику і потрапляє в кров. З артеріальною крові йодиди через базальну мембрану екстрагуються тироцитами у вигляді іона йоду і надходять в щитовидну залозу, де під впливом ферменту пероксидази іон йоду окислюється в атомарний йод (I), який в подальшому буде включатися в молекулу гормону. Цей процес відбувається на апікальній поверхні тироцита і його мікроборсинок, тобто на кордоні з порожниною фолікула.

Щитовидна залоза – одна з небагатьох залоз внутрішньої секреції, що має депо гормонів, представлене фолікулярним колоїдом, в якому депоновані гормони щитовидної залози, що входять до складу тиреоглобуліну. У нормальних умовах щитовидна залоза містить 200 мкг / г тироксину (Т4) і 15 мкг / г трийодтироніна (Т3). Щоденна секреція щитовидною залозою Т4 складає 90 мкг, що в 10-20 разів більше, ніж секреція Т3. Фаза виведення під дією ТТГ (тиреотропного гормону гіпофіза) починається з захоплення тироцитах колоїду, що містить тіроглобулін, шляхом фагоцитозу. Йодтироніни ж виділяються через базальну мембрану тироцита в потік крові або лімфи. Фагоцитоз колоїду триває всього кілька годин. Схема кінетики метаболізму йоду в організмі людини представлена на рис. 2.5.

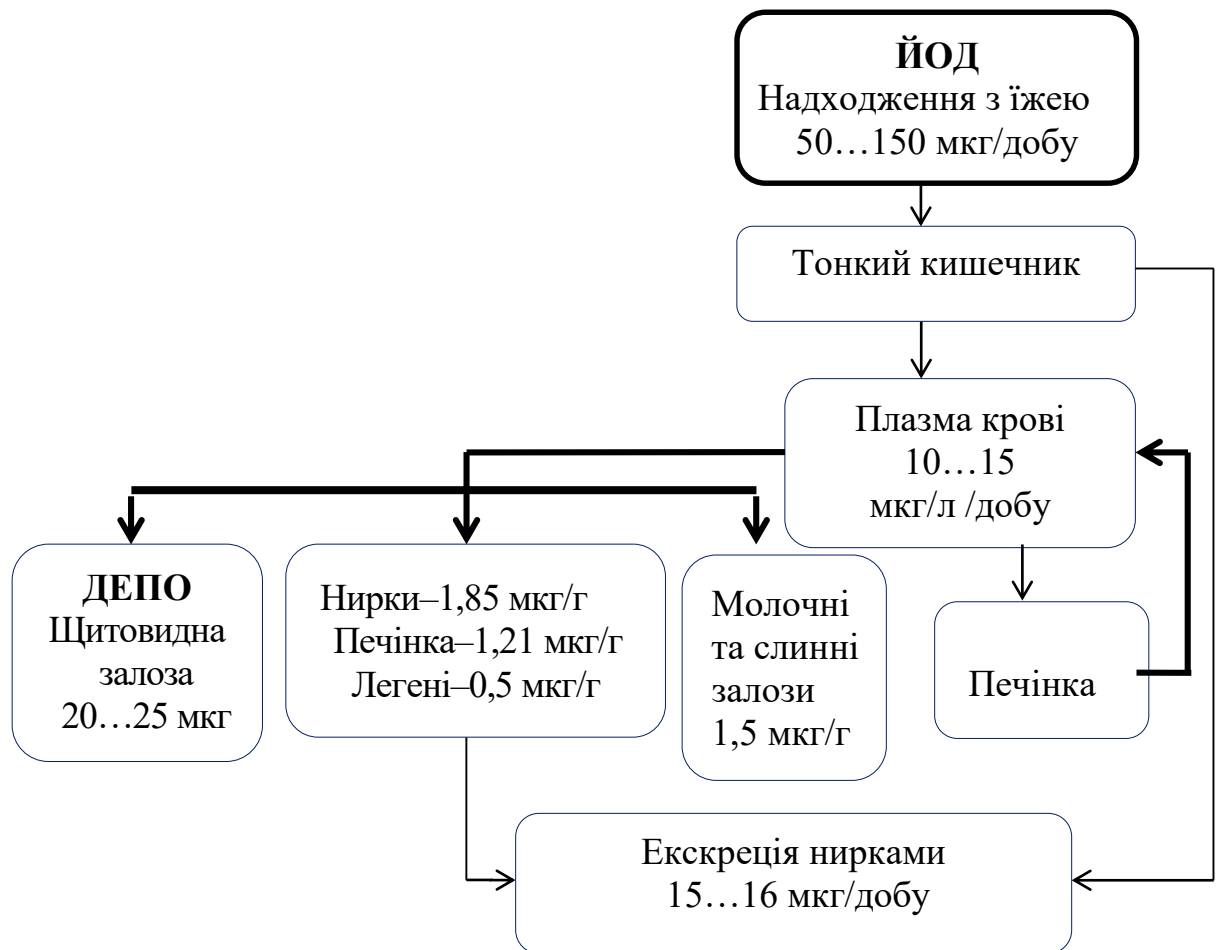


Рис. 2.5. Схема кінетики добового метаболізму йоду в організмі людини

Селен бере участь у багатьох біохімічних і фізіологічних процесах в організмі людини. Згідно з даними досліджень, які проводилися вченими різних країн, доведено, що селен запобігає розвитку ракових пухлин. Він ефективно впливає на обмінні процеси, репродуктивну функцію представників обох статей. Мікроелемент сприяє утворенню еритроцитів і білків, сприятливо впливає на структуру волосся і нігтів, стан шкірного покриву.

У природних умовах селен надходить в організм людини, головним чином, у вигляді селенвмісних амінокислот – селенометіоніна (Se-Met) і селеноцистеїну (Se-Cys). Штучне постачання організму селеном при його аліментарному дефіциті може здійснюватися у формі селеніту або селената натрію. Як органічний, так і неорганічний селен легко всмоктується в шлунково-кишковому тракті. Накопичується селен, перш за все, в нирках і печінці, кістковому мозку, серцевому м'язі, підшлунковій залозі, легенях, шкірі та волоссі.

Доля органічного та неорганічного селену в організмі істотно розрізняється. Селенат- і селенітаніони, що надходять з їжею, швидко відновлюються під дією білка тіоредоксіна до селеноводорода, присутнього при фізіологічних значеннях рН, в основному, у вигляді гідроселеніданіона (HSe⁻). Необхідною кофактором даного процесу є відновлений глутатіон (GSH), причому передбачається, що в якості інтермедіату утворюється селенодіглутатіон (GS-Se-SG).

Депо селену знаходиться у плазмі крові у вигляді глутатіонпероксидази – ферменту, що захищає організм від окислювального пошкодження. Глутатіонпероксидази каталізують відновлення перекисів ліпідів у відповідні спирти і відновлення пероксиду водню до води. Крім плазми крові селен концентрується в тканинах і органах з високою функціональною активністю: печінка, нирки, серце, сітківка ока. Екскрекують селен нирки, кишечник, легені. Схема кінетики метаболізму йоду в організмі людини представлена на рис. 2.6

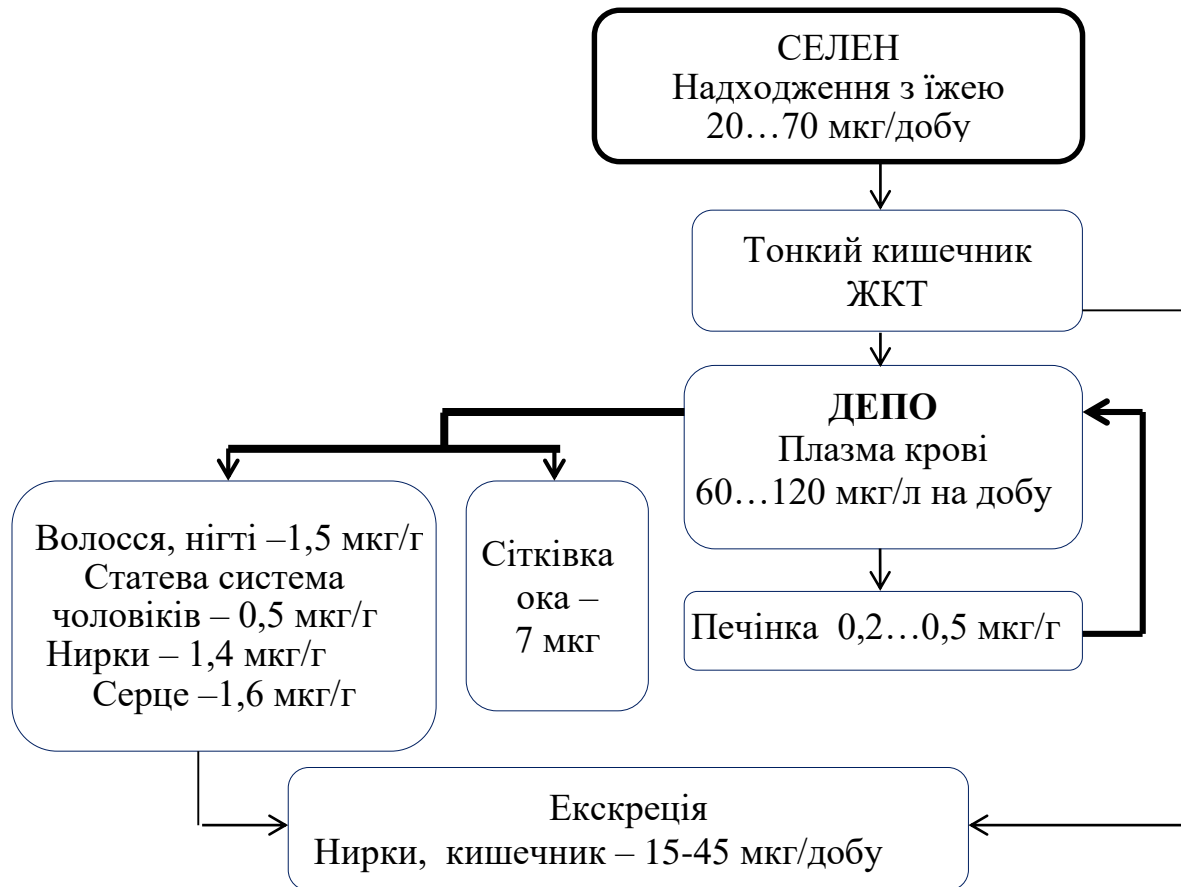


Рис. 2.6. Схема кінетики добового метаболізму селену в організмі людини

Розроблені схеми враховують максимально сприятливі умови для забезпечення метаболізму елемента в організмі споживача. Аналіз цих схем передбачає можливість збагачувати харчові продукти та страви, з урахуванням хімічного складу, їх функціонально-технологічних властивостей, технологію продукту (механічна кулінарна обробка, вплив температури та ін.), щоб створити умови для максимально фізіологічного надходження та циркуляції есенціальних мінеральних речовин до моменту їх депонування та виведення продуктів метаболізму з організму людини.

Таким чином, на підставі аналітичних досліджень визначено кінетику метаболізму есенціальних мінеральних елементів. Визначено органи депонування цих сполук та шляхи виведення надлишку, що дає змогу створити раціональні форми мінеральних есенціальних елементів в дієтичних добавках та запобігти випадкам надмірного надходження в організм та прояву токсичної дії.

2.2. Теоретичне обґрунтування шляхів забезпечення фізіологічних потреб в есенціальних мінеральних елементах різних статевих-вікових груп населення

Для вирішення питання, щодо доцільності збагачення продуктів харчування на ті чи інші есенціальні мінеральні сполуки необхідно вирішити концептуальні питання і перше з них те, що згідно всіх фізіологічних досліджень доведено, що всі есенціальні мінеральні сполуки повинні надходити до організму щоденно. Рівень того чи іншого елемента у крові не може свідчити про рівень забезпеченості організму тим чи іншим елементом. Це пов'язано з тим, що будь-який елемент має в організмі депо, а брак елемента покривається за рахунок його вимивання з депо.

Зниження того чи іншого мінерального макро- та мікроелемента у крові вже свідчить про катастрофічний дефіцит його в організмі. З урахуванням цього постулату та розробленими схемами метаболізму цих головних елементів, встановлено, що макро- та мікроелементи для свого засвоєння потребують певних умов їх функціонування в харчових продуктах. Тобто необхідна не лише наявність надходження їх в організм, а й їх співвідношення з іншими елементами, наявність вітамінів та інших складових харчової сировини (табл. 2.1). Так, наприклад, треба враховувати, що сприяють засвоєнню і такі хімічні елементи, як Se, Zn, Cu, Ca, вітаміни B, A, D, E. Обтяжують процес засвоєння Mn, P, Cl.

Для засвоєння Se потрібен I та вітаміни C і E. Перешкоджають цьому Cu, сульфати, ртуть та миш'як. На засвоєння Ca позитивно впливають K та Na і вітаміни A, C, D. Перешкоджають надходженню Ca з їжі в організм Mg, Mn, Zn, Cu, клітковина, K, Na. Також на засвоєння Ca впливає рН продукту та співвідношення Ca та P. P потребує на засвоєння наявності вітаміну D та N. Потребує його засвоєння Mg, Mn, Zn, Fe. На рівень засвоєння Mg впливає позитивно вітаміни D та N і перешкоджає засвоєнню P, Ca, Na.

Для боротьби з анеміями аліментарного походження необхідно враховувати надходження до раціону С, Си, Со та таких амінокислот як цистеїн та метіонін. Ці складові раціону є синергістами в засвоєнні Fe, в той же час Mn, Zn, Са – перешкоджають цьому. Але необхідно враховувати не лише наявність того чи іншого інгредієнта, а і його кількісні показники. Таблиці метаболізму елементів та наявність синергістів і антагоністів цього процесу засвоєння дають змогу раціонально підійти до вибору груп харчових продуктів, які ліпше збагачувати на макро- та мікроелементи і враховувати той перелік продуктів, які не бажано вводити до споживання одночасно з тими стравами, які піддали збагаченню. Макро- та мікроелементи добре засвоюються з продуктів тваринного походження. В той же час одночасне надходження з продуктами, які містять у своєму складі сполуки І не бажано вживання кукурудзи, капусти, гірчиці, редису, квасолі, насіння соняшника. На рівень засвоєння Са негативно впливають кухонна сіль, цукор, кава, буряк, тваринні жири. На рівень засвоєння Р негативно впливають страви з великою питомою вагою фітинової кислоти та її сполук і слід зазначити, що Р має низький рівень засвоєння з зернових. В той час коли Mg також погано засвоюється з зернових продуктів, хоча його там досить багато. З зернових єдине багате на Mg джерело – гречана крупа. Стосовно Fe теж слід зазначити, що воно засвоюється погано зі страв, що містять значну кількість печінки, яєць з хліба, молока та страв з високим вмістом фітатів.

Таким чином можна констатувати, що одні мінеральні сполуки краще засвоюються у лужному середовищі, інші вимагають кислого середовища. Для збагачення необхідно обирати з урахуванням переліченого, продукт (страву) і враховувати, які страви можуть сприяти, а які перешкоджати процесу засвоєння.

Таблиця 2.1

Синергісти та антагоністи есенціальних мінеральних елементів

№ з/п	Хімічний елемент	Добова потреба	Депо в організмі людини	Умови засвоєння		Вміст елементу в добавці, %	Харчові продукти	
				Синергісти	Антагоністи		Синергісти	Антагоністи
1.	Мікроелементи, мкг	120-150	Щитовидна залоза – 70%	Se, Zn, Cu, Ca, вітамін и B, C ₁ , D, E	Mn, Ca, F, Cl	4,1 – 5,6	Яйця, печінка, риба, крупи, молочні продукти	Кукурудза, капуста, редис, квасоля, соняшникове насіння, гірчиця
	I							
2.	Se	50-70	Сітківка ока – 10% Волосся, нігті – 5%	Zn, Вітамін и E, C, I	Cu, сульфати, ртуть, миш'як	2,5 – 4,6	Яйця, печінка, риба, крупи, молочні продукти	М'ясні продукти
3.	Макроелементи, мкг	1000-1200	Кістки, зуби – 99%	I, вітамін и A, C, D, K, N	Mg, Mn, Zn, Fe, Cu, клітковина K, Na	70,1 – 81,4	Молоко, яйця, риба, печінка	Сіль, цукор, кава, буряк, жири тваринного походження
	Ca							
4.	P	1200	Кістки, зуби – 90%	Вітамін и D, N	Mg, Mn, Zn, Fe	30,2 – 42,5	М'ясні та рибні продукти	Зернові продукти

Продовження таблиці 2.1

5.	Mg	300-500	Кістки, – зуби – 60% Мозок, серце – 40%	Вітаміни D, N	P, Ca, Na	18,1 – 32,2	Молочні продукти	Високий вміст в зернових, крупях, але низьке засвоєння
6.	Fe	12-18	Гемоглобін – 65% Серце, печінка, тканини – 35%	Вітамін С, Cu, Co, Mn, амінокислот и, цистеїн, метіонін	Mn, Zn, Ca	63,7 – 81,4	М'ясо яловичини найкраще засвоюється, в продуктах, що містять високу кількість яблучної, лимонної,ас корбінової кислоти, кава	Найгірше засвоюються: печінка, яйця, хліб, молоко, продукти з високим вмістом фітину

Проаналізувавши матеріали власних досліджень та інформацію з доступної літератури для вирішення проблеми дефіциту есенціальних мінеральних речовин, створено характеристику харчових продуктів, що можуть підлягати збагаченню з урахуванням вікових, статевих груп населення та норм фізіологічних потреб споживання мінеральних речовин. (табл.2.2)

Таблиця 2.2

Потреби населення України в мінеральних речовинах

№ з/п	Групи населення		Норми фізіологічних потреб населення України в мінеральних речовинах (згідно Наказу МОН України №1073 від 03.09.2017 р.)									Рекомендовані до споживання харчові продукти
	Статева	Вікова	Ca, мг	P, мг	Mg, мг	Fe, мг	Zn, мг	I, мкг	Se, мкг	F, мкг	Cu, мг	
1.	Жінки	0-12 міс	400-600	300-500	50-70	4-10	3-7	90	17	1,0	0,3-0,5	Грудне вигодовування
		1-6 років	800	800	100-120	10	10	90	20	1,2-1,5	0,3-1,2	Молочні та кисломолочні продукти, м'ясні, рибні продукти, яйця, різнокольорові овочі та фрукти, хлібобулочні вироби, горіхи
		7-17 років	1200	1200	170-300	12-18	10-13	120-150	30-50	2,5	1,5-2,0	Молочні та кисломолочні продукти, м'ясні, рибні продукти, різнокольорові овочі та фрукти, горіхи, хлібобулочні вироби
	Дорослі	I-IV групи інтенсивності праці	1100	1200	500	17	12	150	50	Не нормується	1	Молочні та кисломолочні продукти, м'ясні, рибні продукти, хлібобулочні вироби та крупи

Продовження таблиці 2.2

		60 і старші	1300	1200	400	15	15	150	70	Не нормується	Не нормується	Хлібобулочні вироби та крупи, молочні, м'ясні продукти
		Вагітні	1400	500	550	26	12,4	350	70	Не нормується	1	Молочні та кисломолочні продукти, м'ясні, рибні продукти, овочі, крупи, яйця
		Годуючі	1500	1600	550	42	14,8	350	70	Не нормується	1	Молочні та кисломолочні продукти, м'ясні, рибні продукти, овочі, крупи, яйця
2.	Чоловіки	0-12 міс	400-600	300-500	50-70	4-10	3-7	90	17	1,0	0,3-0,5	Грудне вигодовування
		1-6 років	800	800	100-120	10	10	90	20	1,2-1,5	0,3-1,2	Молочні, м'ясні, рибні продукти, яйця, овочі, хлібобулочні вироби, горіхи
		7-17 років	1000-1200	1000-1200	170-400	12	10-15	120-150	30-50	2,5	1,5-2,5	Молочні та кисломолочні продукти, м'ясні, рибні продукти, овочі, горіхи
		Дорослі	I-V групи інтенсивності праці	1200	1200	400	15	15	150	70	Не нормується	1

Залежно від статі, віку, роду занять змінюється потреба організму в харчових речовинах, до яких відносяться макро- і мікроелементи. Проведеним аналізом залежності від статі та віку норм потреби Ca, Mg, P, Fe, Zn, J, Se, F, Cu відповідно до Наказу МОН України №1073 від 03.09.2017 року встановлена відсутність статевої різниці у дітей віком від 0 до 6 років. З досягненням віку від 7 до 17 років збільшується потреба в надходженні з їжею Ca, P, Fe у осіб жіночої статі. У хлопчиків того ж віку дещо більшими є верхня межа потреби вмісту в раціоні цинку та магнію. Більшою є також потреба дорослих чоловіків у кальції, цинку та селені при тому, що жінкам того ж віку відносно них потрібно вживати харчові продукти із підвищеним вмістом магнію та заліза. Немає статевої різниці у потребі вищезазначених мікро- і мікроелементів у осіб старше 60 років. І у жінок, і у чоловіків визначається збільшення з віком потреби у цинку, селені та кальції. Встановлено зменшення потреби у надходженні заліза із їжею на тлі зростання норм у чоловіків 60 років і старших. В той же час визначені норми стосовно йоду, фтору та міді не мають ані вікової, ані статевої залежності.

З огляду на особливості потреби мікро- і мікроелементів, окремою групою слід вважати жінок репродуктивного періоду в стані вагітності та годування груддю. В період вагітності значно збільшуються потреби в першу чергу у кальції, залізі, йоді та селені, зменшується потреба вмісту в харчовому раціоні такого мікроелементу, як фосфор. На тлі годування груддю значно зростає необхідність у надходженні з їжею заліза (в 1,6 – 2,4 рази), фосфору (в 1,3 – 3,2 рази) та кальцію в 1,3 рази. Вміст цинку в їжі повинен бути на межі норм осіб 60 років та старших, але вищим, ніж у дорослих та вагітних. Потреби в надходженні з їжею йоду визначаються такими ж, як у вагітних і перебільшують показники в інших вікових групах в 2,3 рази. Тому в раціоні вагітних і тих жінок, які годують груддю повинна бути збільшена питома вага продуктів, що містять кальцій, залізо, цинк, йод та селен.

Таким чином, виходячи з вищенаведеного можна зробити висновок, що з віком людини збільшується потреба в надходженні з їжею таких мінеральних

речовин як Ca, P, Fe, Mg та Zn. Основними харчовими продуктами, як носії цих елементів є молочні, м'ясні, рибні продукти, хлібобулочні вироби, тому технології збагачення їх незамінними мікронутрієнтами є актуальним питанням сьогодення.

2.3. Наукове обґрунтування шляхів подолання дефіциту есенціальних мінеральних речовин

В природі, крім того, що хімічні елементи входять до різних біологічних ланцюгів, між ними можна простежити певний взаємозв'язок. Організм людини це періодична система елементів Менделєєва, тільки одних елементів за кількістю організм потребує більше, інших менше, але це не означає, що їх біологічна роль залежить від фактичного кількісного вмісту.

Біологічний розподіл мінеральних речовин у природі представлено на рис 2.7. З схеми видно, що мінеральні речовини в природі можуть знаходитися як у хімічно чистому вигляді так і в вигляді різних мінеральних сполук та у харчових продуктах. Ступінь засвоєння мінералу в першу чергу залежить від ступеня його розчинності. З погляду на те, що мінеральні солі більшості дефіцитних хімічних елементів є високотоксичними для організму речовинами, необхідно розглянути можливість відновлення дефіциту за рахунок їх органічних сполук. Рівень засвоєння яких перебуває під контролем організму.



Рис. 2.7. Класифікація джерел мінеральних речовин

Проаналізовано різні джерела есенціальних мінеральних речовин, які необхідні для забезпечення фізіологічних потреб організму. Такими речовинами можуть бути натуральні харчові продукти, мінерало-органічні комплекси та хімічні елементи. Безумовно, вміст в харчовій сировині есенціальних мінеральних елементів буде залежати від геокліматичної зони, в якій вона вирощується (структурно-механічний та хімічний склад ґрунтів, рівень атмосферних опадів). Ці зони дають можливість визначити перелік сировини рослинного та тваринного походження, які є питомо потенційними носіями цих елементів (водорості, риба та нерибна водна сировина). Ці чинники впливають і на вміст есенціальних мінеральних речовин в сировині тваринного походження. Рівень надходження есенціальних мінеральних речовин до сировини визначається не лише структурою ґрунтів, їх хімічним складом, а і тим, у вигляді яких сполук містяться ті чи інші мінеральні сполуки. Ретельний хімічний аналіз сировини вищезазначених чинників надасть змогу визначити, яким технологічним впливам можна піддавати цю сировину і які обрати страви для виготовлення з неї, щоб максимально раціонально використати біологічний потенціал цієї сировини.

Природної сировини не існує в тій кількості, щоб задовольнити потреби всіх споживачів, які їх потребують. Це вимагає пошуку джерел і шляхів комплексного подолання дефіциту есенціальних мінеральних речовин. Одним з таких шляхів є створення дієтичних добавок мінерально-органічними комплексами на основі рослинної та тваринної сировини, як в нативному вигляді так і з використанням супутніх продуктів їх переробки. З цією метою, як носій, який дозволить надати есенціальний мінерал можуть використовуватись комплекси на основі тваринної сировини, а саме білок вміщуючі речовини (молоко та продукти його переробки, яйця, субпродукти, колагенвміщуюча сировина, криль та ракоподібні), яєчна шкарлупа, кісткова сировина, мікробні мінералоорганічні комплекси та ін. Мінерально-органічні комплекси на основі рослинної сировини включають фруктово-ягідні наповнювачі, наповнювачі зі злаками, натуральні екстракти, БАД та ін.

Також в якості джерела есенціальних мінеральних речовин можуть бути певні форми хімічних сполук. Це перспективний шлях технологій харчових продуктів для подолання дефіциту. При цьому необхідно враховувати, який саме це елемент, його доступність для організму в хімічно чистому вигляді або у вигляді певної форми хімічної сполуки солі, рівень необхідності елемента та рівень токсичності. Процес засвоєння мінеральних елементів хімічно чистих речовин та з солей відбувається шляхом хелації, коли вільний іон приєднується до транспортного білку, що дозволяє переносити даний іон в кровотік. Це відбувається з усіма мінеральними речовинами, що потрапили в наш організм. Якщо є порушення в органічній хелації, то організм не впізнає мінерал як речовину, необхідну для засвоєння і відмовляється його використовувати. Найчастіше це відбувається з неорганічними солями мінералів, яким необхідно пройти певні зміни в різних середовищах організму (розщеплення, розчинення і засвоєння шляхом хелації). З цією метою застосовують також хелати отримані хімічним шляхом. Слід враховувати те, що їх застосування потребує адаптації до технології харчової.

Таким чином, запропонована класифікація джерел есенціальних мінеральних елементів дозволяє в кожному конкретному випадку обрати раціональне джерело збагачення, усунути дефіцит есенціальних мінеральних сполук, створити умови для формування здорової нації.

2.4. Теоретичні моделювання створення дієтичних добавок на основі хелатних комплексів

В розчинах речовин, які знаходяться у стані термодинамічної рівноваги, всі внутрішні параметри (кількість компонентів, фаз, молів і т. ін.) по суті визначаються зовнішніми параметрами та температурою зовнішнього середовища. Такий стан, з технологічної точки зору, слід вважати таким, який визначає зберігання вихідної сировини, інгредієнта, предмету технологічної

дії. В цьому стані або відсутні, або мають нульову алгебраїчну суму потоки маси, теплоти, електрики, імпульсу і т. д. Ентропія при цьому приймає максимальну величину.

Однак для реальних технологічних систем такий стан спостерігається лише на так званому «технологічному» відрізку часу ($\Delta\tau_T$). Це спостерігається через те, що, зазвичай, харчові системи це багатокомпонентні полідисперсні системи, та флуктуації або процеси вирівнювання термодинамічних потенціалів можуть тривати значно довше «технологічного» часу, а кінцевий істинно рівноважний стан може виявитися таким, що протиречить технологічним цілям.

Таким чином, слід вважати, що у більшості випадків харчова система є нерівноважною. Однак у нерівноважному стані внутрішні параметри системи не є однозначними функціями зовнішніх. Тому для описання та керування такою системою необхідно знати розподілення за її об'ємом таких термодинамічних параметрів і функцій, як хімічний потенціал (μ), температура (T), густина (ρ), розміри (d), вільна енергія на поверхні розділу фаз (F_s), і т. д.

У випадку наявності в розчинах хелатних комплексів, особливе значення має задання μ , T та F_s . Якщо розглядати проміжок часу:

$$\Delta\tau \ll \Delta\tau_T, \quad (2.1)$$

то вихідний стан можна вважати квазістаціонарним та квазірівноважним.

При цьому виробництво ентропії S :

$$\left(\frac{dS}{d\tau}\right) < 0, \quad (2.2)$$

тобто убуває з часом при прагненні $S \rightarrow S_{max}$. Тому у фазовому просторі будь-які флуктуаційні процеси протікають близько до рівноважних параметрів.

Якщо ж зовнішніми потоками (маси, μ , T) «проскочити» таку рівновагу, то система опиняється в області лінійного характеру поведінки, в результаті чого виникають процеси структурування, самоорганізації.

Структури, що виникають, розсіюють надлишок ентропії в зовнішнє середовище, наприклад, за рахунок відокремлення неупорядкованої фази i -ого компонента. Виникнення таких структур можливе лише у відкритих системах, які можуть обмінюватися із зовнішнім середовищем і енергією і масою, тобто приймають участь в «активному» технологічному процесі.

Однак якщо розглядати закриті системи, то вони також мають визначений технологічний потенціал. Утворювати закриту систему, тобто таку, яка не обмінюється масою з оточуючим середовищем, можливо, наприклад, якщо використовувати такий технологічний прийом, як змішування дисперсних фаз і середовищ. При цьому, якщо процес достатньо швидкий, то можливо очікувати ефективного досягнення мети для процесу.

Відомо, що для закритої системи виконуються закони збереження маси та енергії, а вид і кількість фаз може змінюватись. Якщо є компонент γ , то за наявності хімічних перетворень виконується:

$$dm_{\gamma} = \nu_{\gamma} M_{\gamma} d\xi, \quad (2.3)$$

де m_{γ} – маса компоненти γ , кг;

ν_{γ} – стехіометричний коефіцієнт;

M_{γ} – молярна маса, кг/моль;

ξ – ступінь повноти реакції, моль.

Оскільки маса такої системи в цілому не змінюється, то:

$$dm = \left(\sum_{\gamma} \nu_{\gamma} M_{\gamma} \right) d\xi = 0, \quad (2.4)$$

або

$$\sum_{\gamma} \nu_{\gamma} M_{\gamma} = 0. \quad (2.5)$$

Це достатньо добре відоме рівняння дозволяє поширити його коректність і на інші процеси, наприклад, фазові перетворення, утворення комплексів і нових фаз в закритій системі. Виходячи з цього отримаємо алгебраїчні рівняння.

$$1 = \frac{1}{m} (m_1 + m_2) = \frac{1}{m} (m_{Na} + m_{H_2O} + m_{p-p} + m_{He}) \quad (2.6)$$

$$\frac{m}{m_{He}} = \frac{m_{Na}}{m_{He}} + \frac{m_{H_2O}}{m_{He}} + \frac{m_{p-p}}{m_{He}} + 1 = C_x + \frac{m_{H_2O} + m_{p-p}}{m_{He}} + 1 \quad (2.7)$$

Замінімо $\frac{m_{Na}}{m_{He}} = C_x$, тоді (2.8)

$$\frac{m}{m_{He}} = C_x + \frac{m_{H_2O} + m_{p-p}}{m_{He}} + 1, \quad (2.9)$$

$$\frac{m_{H_2O} + m_{p-p}}{m_{He}} = C_{втр.} \text{ – втрати у розчині, що прогнозуються.}$$

Фактично після осадження $m_{He} \rightarrow 0$.

Тоді:

$$\frac{m}{m_{He}} = 1 + C_{втр.} + C_x. \quad (2.10)$$

Звідси:

$$C_x = \frac{m}{m_{He}} - C_{втр.} - 1 = \frac{m - m_{He} C_{втр.} - m_{He}}{m_{He}}. \quad (2.11)$$

Або:

$$C_x^* = \frac{1}{C_x} = \frac{m_{He}}{m - m_{He} C_{втр.} - m_{He}}. \quad (2.12)$$

$\frac{m_{He}}{m_{Na}} = C_x^*$ – величина, що регулюється, як за рахунок речовин, що

змішуються, так і за рахунок технології «осадження» NaKMЦ.

Однак, якщо $m_{He} = const$ і $m_{NaKMЦ} = const$, то величини m та $C_{втр.}$ не є як такими та залежать від багатьох технологічних факторів, серед яких рН, Т, співвідношення $m_{NaKMЦ}$ та m_{He} , тривалість перемішування та експозиції, швидкості осадження.

В технології розроблених дієтичних добавок на основі хелатних комплексів, утворення комплексів відбувається багатьма механізмами, одним

із яких є механізм сорбції. Сорбція обумовлюється електромагнітною, електростатичною та хімічною взаємодією. В останньому випадку такий процес (хемосорбція) приводить до утворення комплексів з хімічними властивостями. Тому здійснення хемосорбції не відповідає меті дослідження. Фізичну сорбцію проводять з огляду зміни діелектричної проникності розчину маси m за рахунок додавання етилового спирту. Ступінь осадження й сорбції контролювали експериментально.

Таким чином, розглянуті теоретичні положення та розрахунки є підставою для здійснення технологічного процесу виробництва дієтичних добавок на основі хелатних комплексів зі стабілізованим хелатом з регульованою величиною, тобто з регульованим відносним масовим вмістом обраного макро- або мікроелемента.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНИХ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК

3.1 Наукове обґрунтування та розробка технологій дієтичних добавок на основі хелатних комплексів

Доведено, що мінерали, які надходять в організм піддаються процесу хелації. Щоб забезпечити цей процес необхідно, щоб елемент надійшов до організму у формі хелату.

У зв'язку з тим, що мінеральні речовини засвоюються організмом лише з органічних сполук, нами розроблено технологію стабілізованої порошкоподібної дієтичної добавки на основі хелатів. Доведено, що мінеральні сполуки біодоступні організму у хелатній формі. Як джерело мінеральних сполук нами обрано хелати у вигляді рідини у формі цитратів. Рідка форма хелату обмежує спектр його використання і не дає змоги його рівномірно розподілити у продукті, і як наслідок забезпечити споживача у необхідній кількості дефіцитного мінералу.

Необхідність створення дієтичної добавки у вигляді порошку дозволяє розширити асортимент страв, які можуть бути збагачені на есенціальні мінеральні сполуки. Для створення добавки на основі хелатів у вигляді порошку обґрунтовано вибір матриці-носія хелатних форм мінералів. Аналіз літературних джерел і результати власних попередніх досліджень довели, що раціонально з цією метою слід використовувати натрієву сіль карбоксиметилцелюлози (NaКМЦ). Умови розчинення NaКМЦ дозволяють його використовувати в слабо кислому середовищі. Таким середовищем і є мінеральна форма хелату.

У загальному вигляді технологія дієтичної добавки на основі хелатних комплексів полягає в наступному: натрієву сіль карбоксиметилцелюлози (NaКМЦ), як матрицю-носія хелатних сполук, змішують з розчином хелату в

співвідношенні 1:30. Суміш при кімнатній температурі витримують 60...90 хв. Для осадження утвореного комплексу NaКМЦ-хелат використовують 96% етиловий спирт. Після осадження комплекс висушують у сушильній шафі з подальшим подрібненням, що забезпечує отримання дієтичної добавки, що збагачена дефіцитними мікроелементами яка придатна до використання у технології широкого спектру харчових продуктів повсякденного вжитку. Часові параметри зумовлені тим, що при меншому терміні витримування металів з NaКМЦ не встигає утворитися комплекс металу з носієм, а при більш тривалому витримуванні кращого ефекту не досягається. Співвідношення 1:30 металу і NaКМЦ обґрунтовується тим, що внесення більшої кількості металу економічно не доцільно. А зменшення кількості не дозволяє отримати добавку з необхідним вістом мікроелементу.

Готовий продукт має однорідну порошкоподібну консистенцію, колір добавки залежить від мікроелемента, який входить до її складу. Згідно задач досліджень розроблено рецептуру (табл. 3.1) та технологію (рис. 3.1) дієтичної добавки на основі хелатних комплексів.

Таблиця 3.1

Рецептура дієтичної добавки на основі хелатних комплексів

Найменування сировини	Витрати сировини в г/л на 1 кг готової продукції
Хелат	30 л
Натрій КМЦ	1000 гр
Спирт	100 л (процес ректифікації)
Вода	10 л
Вихід готової продукції	1000

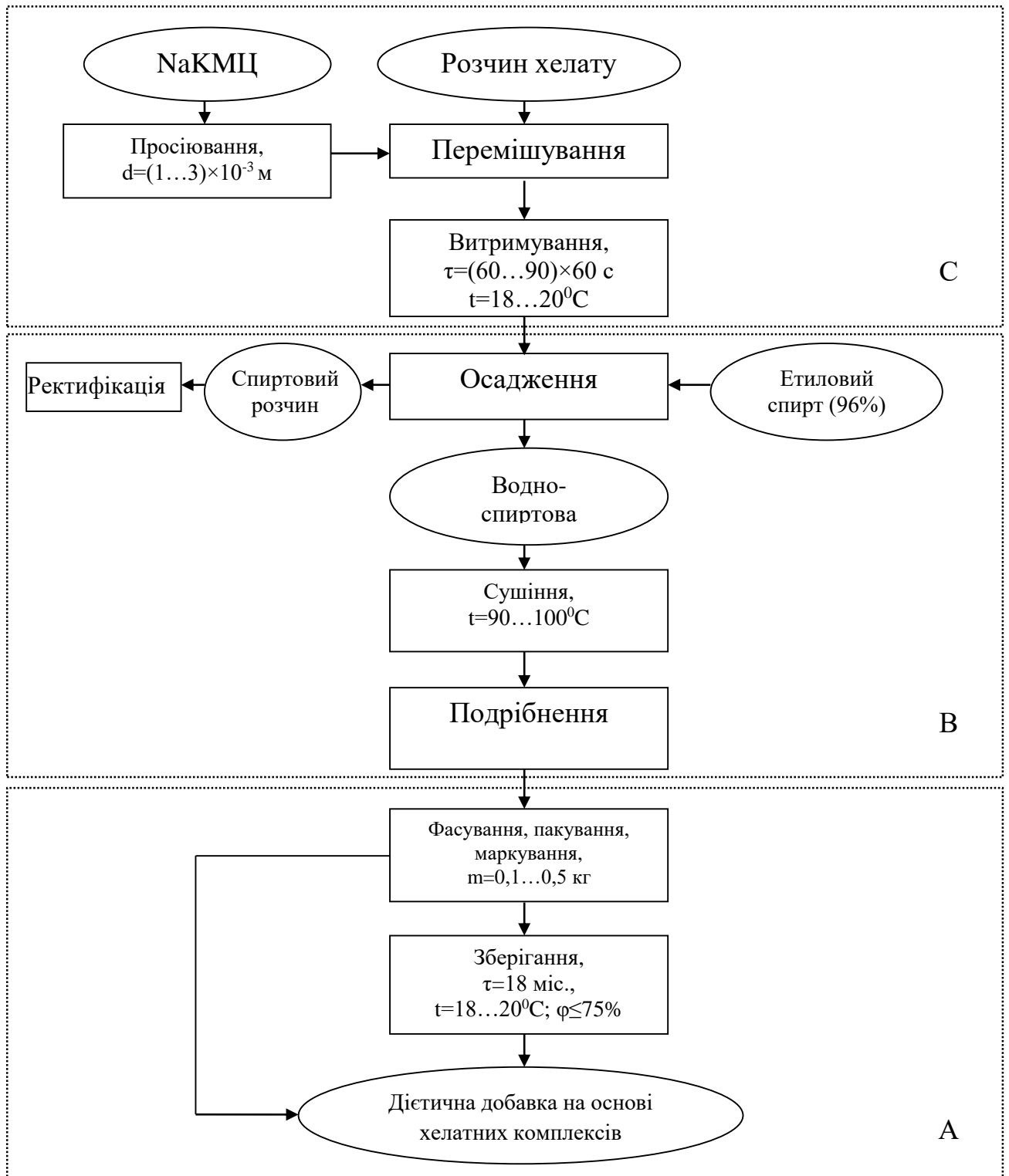


Рис. 3.1. Технологічна схема виробництва дієтичної добавки на основі хелатних комплексів

За допомогою наведеної технології виробництва дієтичної добавки на основі хелатних комплексів, можна отримати продукт, який характеризується наступними органолептичними показниками (табл. 3.2).

**Органолептичні показники дієтичних добавок на основі
хелатних комплексів**

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок, без сторонніх включень
Колір	Властивий кольору використаної сировини
Консистенція	Однорідна, порошкоподібна
Запах	Відсутній
Смак	Нейтральний

Як видно з табл. 3.2, дієтична добавка на основі хелатних комплексів представляє собою однорідний порошок, без сторонніх включень, колір властивий використаній сировині, однорідної консистенції, смак та запах – нейтральні.

Для забезпечення якості та безпечності розробленої нами дієтичної добавки на основі хелатних комплексів, обґрунтування термінів її зберігання, було досліджено мікробіологічні та токсикологічні показники безпеки, а також фізико-хімічні показники.

Оцінку мікробіологічних показників якості дієтичної добавки на основі хелатних комплексів визначали за наступними показниками: кількістю мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), бактеріями групи кишкових паличок (БГКП), патогенними мікроорганізмами, в тому числі за бактеріями роду Сальмонела.

Мікробіологічні показники, наведені у таблиці 3.3 свідчать, що протягом 6 місяців зберігання дієтична добавка на основі хелатних комплексів у сухому вигляді (вологістю до $10 \pm 0,5$ %) у сухих, чистих, добре вентильованих складах

за температури не вище 20° С і відносної вологості повітря, що не перевищує 75%, підвищення КМАФАнМ виявлено в межах норми.

Протягом всього терміну зберігання за вказаних вище умов бактерії групи кишкових паличок в 0,1 г та патогенні мікроорганізми (Сальмонели) в 25 г не виявлені, що відповідає вимогам МБВ та СН №5061 щодо даної групи харчових продуктів.

Щодо токсикологічних показників якості, то їх дослідження показали, що вміст токсичних елементів у дістичній добавці на основі хелатних комплексів не перевищує допустимі норми, встановлені МБВ та СН №5061 (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Мікробіологічні показники дістичної добавки на основі хелатних комплексів протягом зберігання

Показник	Дістична добавка на основі хелатних комплексів		Згідно з МБВ та СН № 5061
	Свіжо-виготовлена	6 місяців T ≤ 20	
1	2	3	4
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більш ніж	1,1×10 ²	1,2×10 ²	1×10 ⁴
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), не допускається в 0,1 г	не виявлено	не виявлено	не дозв.

Продовження таблиці 3.3

Proteus в 0,1г	не виявлено	не виявлено	не дозв
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела, в 25 г	не виявлено	не виявлено	не дозв

Таблиця 3.4

Вміст токсичних елементів у дієтичній добавці на основі хелатних комплексів

Показник	Вміст у дієтичній добавці на основі хелатних комплексів	Норми згідно з МБВ та СН № 5061
Токсичні елементи, мг/кг, не більше:		
свинець	1,90	3,0
кадмій	0,05	0,1
миш'як	0,35	0,5
ртуть	0,07	0,1
мідь	12,0	15,0
цинк	150,0	200,0

Проведені дослідження мікробіологічних, токсикологічних показників безпеки дієтичної добавки на основі хелатних комплексів дозволили встановити, що за показниками безпечності розроблена добавка відповідає нормативним вимогам протягом всього терміну зберігання.

Це дозволяє зберігати добавку протягом 6 місяців у сухому вигляді (вологість до $10 \pm 0,5$ %) у сухих, чистих, добре вентильованих складах за температури не вище 20°C і відносної вологості повітря, що не перевищує 75%.

Запропонована технологія виробництва дієтичної добавки на основі хелатних комплексів дозволяє отримати продукт із наступними фізико-хімічними показниками, які наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Фізико-хімічні показники дієтичних добавок на основі хелатних комплексів (Масова частка води – $8,7 \pm 0,5\%$)

Назва елемента	Вміст елемента min-max, %	Вміст NaKMЦ при min-max елемента, %
Магній	18,1...32,2	81,9...67,8
Марганець	47,0...64,0	53,0...36,0
Цинк	70,4...79,9	29,6...20,1
Йод	4,1...5,6	95,6...94,4
Залізо	63,7...81,4	36,3...18,6
Кобальт	45,8...71,7	54,2...28,3
Срібло	27,8...42,1	72,2...57,9
Селен	2,5...4,6	97,5...95,4
Молібден	5,9...11,8	94,1...88,2
Мідь	44,4...70,6	55,6...29,4
Хром	2,7...6,5	97,3...93,5
Германій	34,0...40,7	66,0...59,3

За результатами фізико-хімічних показників дієтична добавка на основі хелатних комплексів має масову частку води – не більше 10 % та вміст відповідного мінерального елемента.

Наступним етапом було визначення вмісту мінеральної складової безпосередньо в добавці та у спирті, в якому осаджується суміш розчину хелату та натрієвої солі. Визначення проводили на прикладі хелату Mg.

Таблиця 3.6

Вміст магнію в дієтичній добавці на основі хелатного комплексу

Найменування показників, одиниці вимірювань	Спирт		Дієтична добавка	
	Результати випробувань	Похибка випробувань	Результати випробувань	Похибка випробувань
Масова частка магнію, г/кг	137,09	±7,14	42,50	±2,75

3.2 Наукове обґрунтування та розробка технології мінерально-органічних дієтичних добавок (йодобілкової та селенбілкових)

Брак природних харчових ресурсів зумовлює необхідність пошуку додаткових джерел білків та їх комплексів із дефіцитними мінеральними сполуками. Для одержання мінерально-органічних дієтичних добавок в якості білкових матриць обрано білок курячих яєць та сироватку сирну з-під виробництва сиру кисломолочного [284-290]. Яєчний білок має гарну розчинність, нейтральні органолептичні характеристики, високу сорбційну здатність, є одним із доступних продуктів, а також широко використовується у виробництвах різних харчових продуктів, разом із тим має відносно невисоку вартість. Вибір сироватки як основного сировинного компоненту також зумовлений її доступністю і низькою вартістю, що матиме вплив і на кінцеву собівартість дієтичних добавок селенбілкових (ДДСБ).

Додавання мінерального компоненту до білкових систем, значним чином впливає на їхні фізико-хімічні властивості. При цьому можливим є

корегування функціональних властивостей харчових систем із метою поліпшення споживних властивостей готового продукту. Наприклад, за вмістом І утворення стабільного йод-білкового комплексу може відбуватися за рахунок взаємодії мінералу та Тур – циклічної амінокислоти, та таким чином переводить його з мінерального до біоорганічного стану. Тур міститься в багатьох харчових продуктах, одним із таких продуктів є курячі яйця, що обрано нами як органічну основу. β -Лактоглобуліни та α -лактоальбуміни сироватки молока відрізняються підвищеним вмістом амінокислотних залишків Cys (5 і 8 залишків у одній послідовності відповідно) в порівнянні із казеїнами молока (1 залишок). У структурі Cys наявна тиольна група (-SH). Цей факт є сприятливим для отримання продукту з підвищеним вмістом органічно зв'язаного селену.

Серед доступних джерел йоду можна виділити йодиди (KI) і йодати (KIO₃). Обрано в якості джерела йоду йодид, через високу розчинність та ступінь дисоціації на іони, доступність, хімічну чистоту, високу реакційну здатність та його використання дозволено МОЗ України у харчовій промисловості. Для розробки технології одержання ДДСБ в якості носія Se-іонів було обрано такі селенові солі: CaSeO₄, Na₂SeO₃.

Встановлено, що швидкість насичення і рівень включення мікроелементів залежать від концентрації мікроелементу, рН середовища, часу витримування та концентрації білку.

З цього приводу нами проведені дослідження, які спрямовано на розробку технології добавки йодобілкової, шляхом обробки яєчного білка при значеннях рН (5,0...9,0) \pm 0,2 розчином йодистого калію у діапазоні концентрацій: 0,1 н. розчин (12,69 мг І / 1 мл розчину KI), 0,2 н. (25,38 мг І / 1 мл розчину KI), 0,3 н. (38,07 мг І / 1 мл розчину KI), 0,4 н. (50,76 мг І / 1 мл розчину KI), 0,5 н. (63,45 мг І / 1 мл розчину KI).

Кінетика зв'язування іонів йоду яєчним білком залежно від концентрації розчину калій йоду та рН наведені на рис. 3.2.

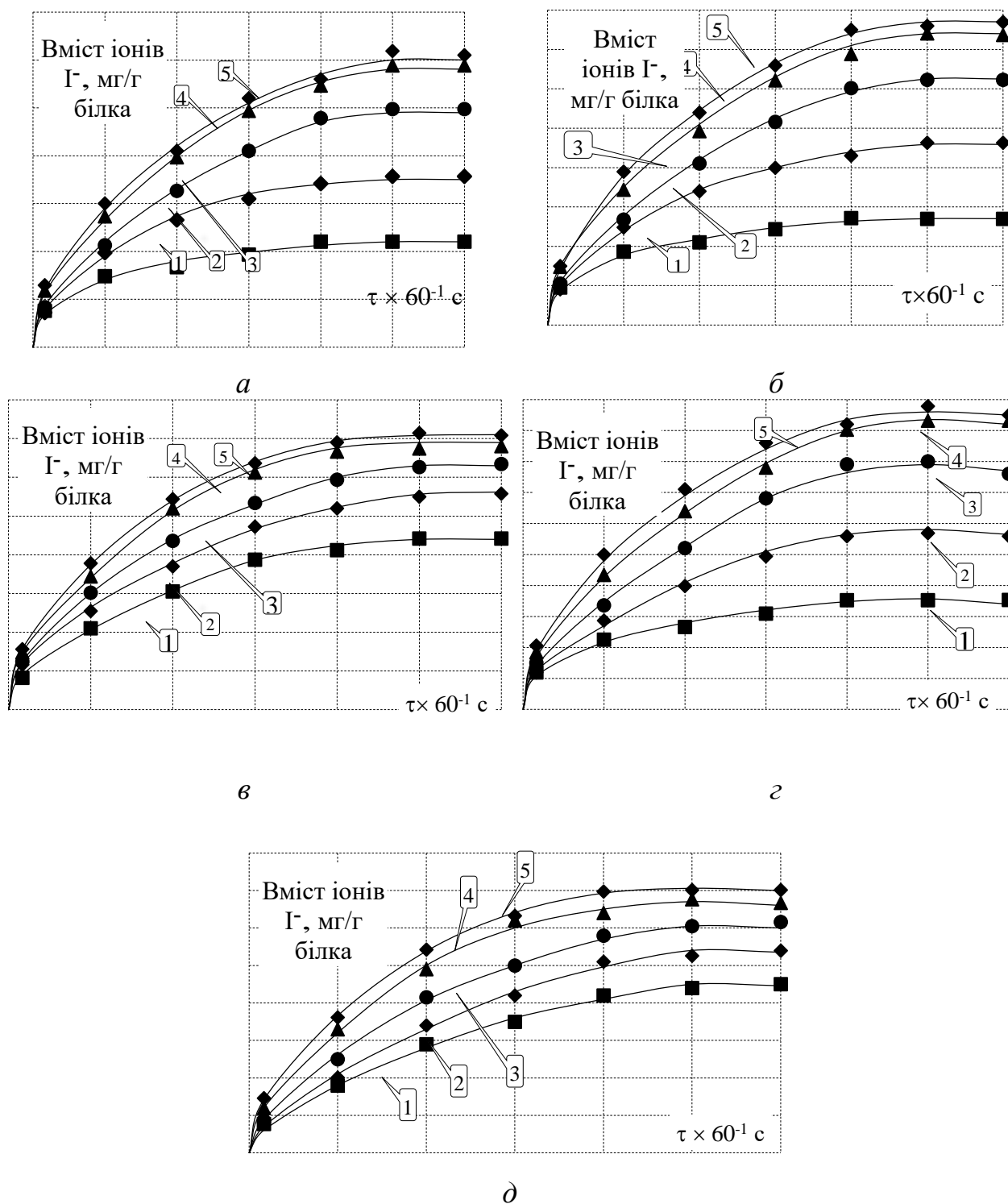
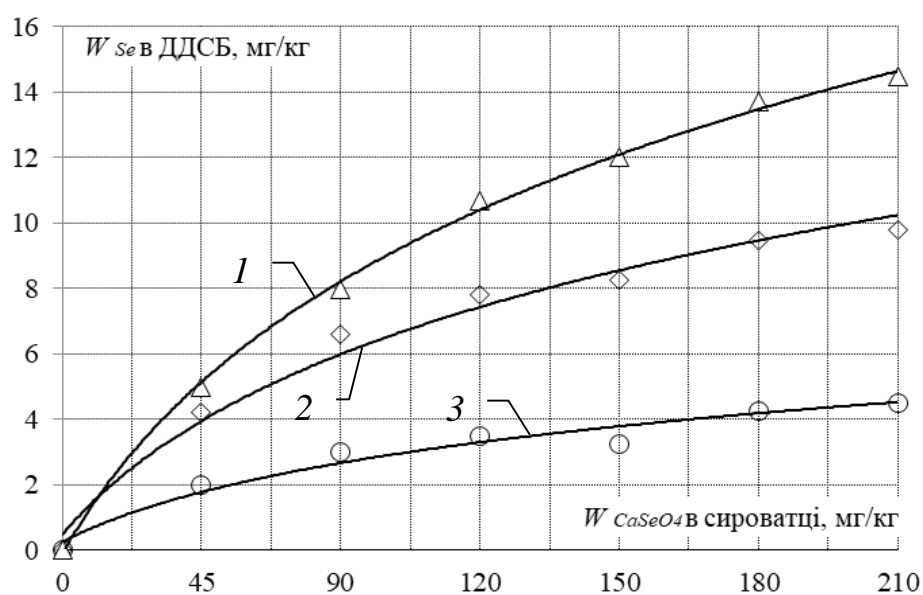


Рис. 3.2. Кінетика зв'язування іонів йоду яєчним білком (1 г) залежно від концентрації розчину калій йоду (1 – 0,1 н.; 2 – 0,2 н.; 3 – 0,3 н.; 4 – 0,4 н.; 5 – 0,5 н.) при рН: а – $5,0 \pm 0,2$; б – $6,0 \pm 0,2$; в – $7,0 \pm 0,2$; г – $8,0 \pm 0,2$; д – $5,0 \pm 0,2$;

Встановлено, що раціональними умовами проведення технологічної операції є рН $7,0 \pm 0,2$, та подальше витримування у щільно закритих ємностях $(100 \dots 120) \times 60$ с. при цьому, час витримки залежить від цільового кінцевого вмісту йоду). Також з рис. 3.2 в видно, доцільним є використання 0,4 н.

розчину KI, так як подальше збільшення концентрації розчину не приводить до значного підвищення рівня зв'язування білком йоду. Наведені оптимальні умови процесу зв'язування ($pH=7,0\pm 0,2$, $\tau=(100\dots 120)\times 60$ с, 0,4 н. розчин KI) дають можливість зв'язувати йод білком на рівні $34,5\pm 1,5$ мг I^- /г яєчного білка.

Для одержання добавок дієтичних селен-білкових «Сивоселен Плюс» та «Неоселен» використання сироватки сирної з точки зору харчової та біологічної цінності є більш виправданим і селеніту натрію – через ліпші хімічні властивості. Але, необхідно зазначити, що селенат кальцію дисоціюватиме на йони Ca^{2+} та SeO_4^{2-} у рідинному середовищі сироватки, і тому передбачається наявність не тільки окисно-відновлювальних реакцій між SeO_4^{2-} та білками сироватки, а й йонами Ca^{2+} . Даний аспект обумовлює розроблення двох технологій одержання ДДСБ з урахуванням властивостей інгредієнтів. При додаванні Se-вміщуючих солей до молочної сироватки може відбуватися заміщення сірки в цистеїні на Se. $CaSeO_4$ та Na_2SeO_3 необхідно додавати в еквівалентних кількостях до Cys, оскільки надлишок неорганічних сполук Se в сироваткових розчинах може спровокувати отруєння організму. З огляду літератури вже стало відомо, що у природі синтез, наприклад, того ж Se-Cys відбувається за участю амінокислоти Ser.



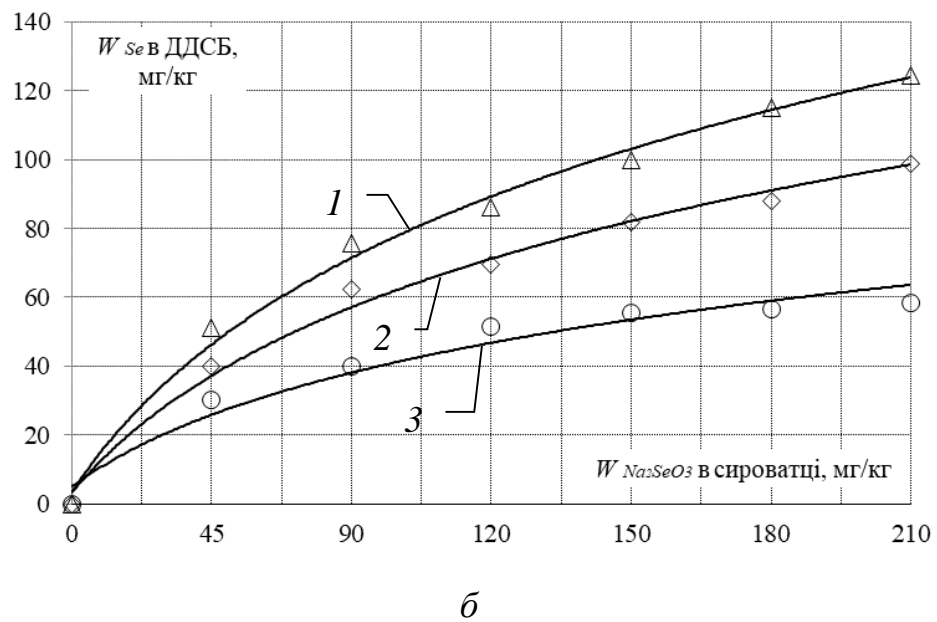
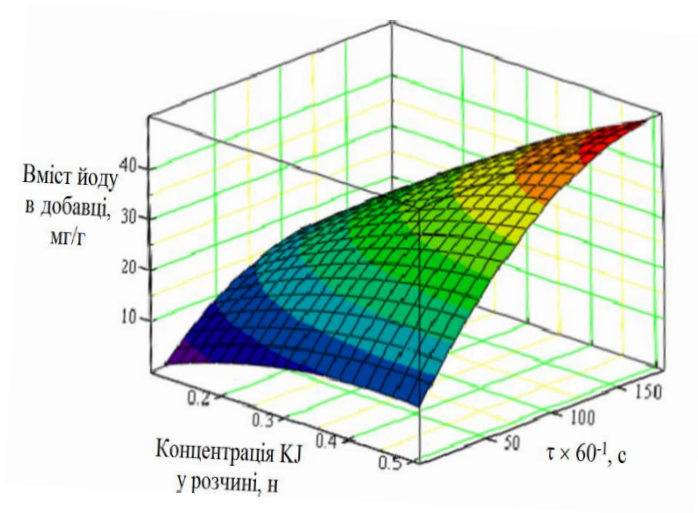


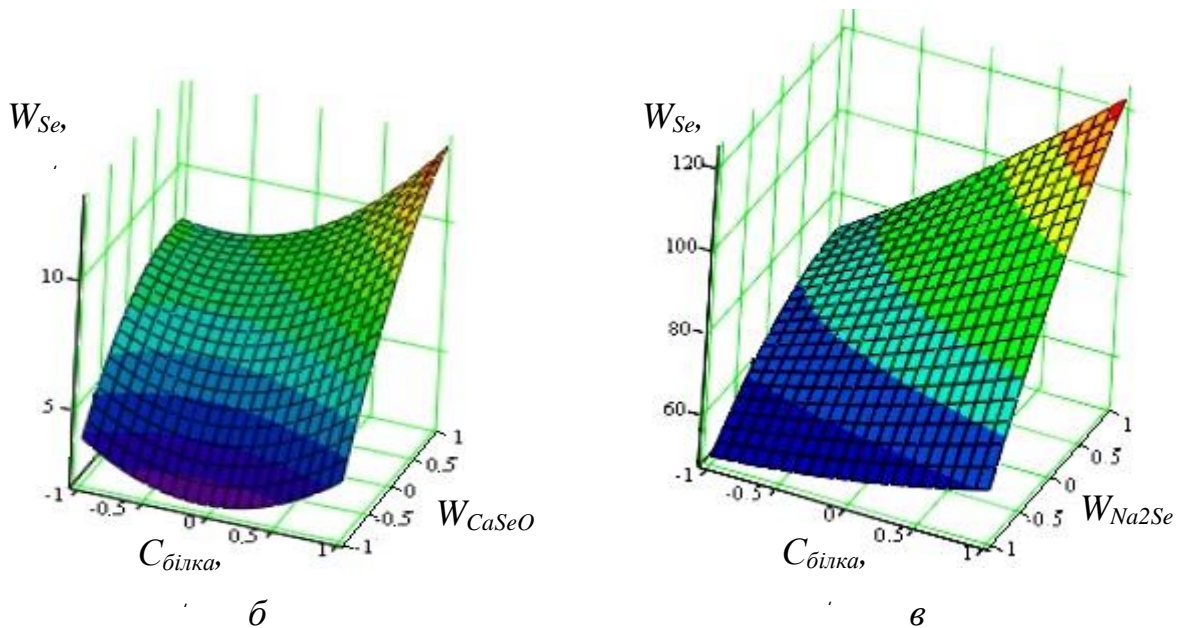
Рис. 3.3. Залежність кількості Se в готових ДДСБ (*a* – «Сивоселен Плюс», *б* – «Неоселен») від кількості аніонів SeO_3^{2-} та SeO_4^{2-} в сироватці при концентрації в ній білка, мг/кг: 1 – 1×10^4 , 2 – $1,25 \times 10^4$, 3 – $1,45 \times 10^4$

На рис. 3.3 наведений якісний перебіг білок-сольових реакцій під час одержання ДДСБ. Можна зробити такі висновки: по-перше, процес одержання ДДСБ «Неоселен» характеризується прогнозованістю результатів (рис. 4.27, *б*), особливо, це добре видно при $c_{\text{білка}} = 1,25 \times 10^4$ мг/кг сироватки молока (майже лінійна залежність між W_{Se} у готовій ДДСБ та $W_{\text{Na}_2\text{SeO}_3}$); по-друге, для одержання ДДСБ «Сивоселен Плюс» із вмістом в ній Se в кількості $W_{\text{Se}} = 13,7$ мг/кг необхідно до молочної сироватки ($c_{\text{білка}} = 1,45 \times 10^4$ мг/кг) додати CaSeO_4 в кількості $W_{\text{CaSeO}_4} \geq 180$ мг/кг; по-третє, при виробництві ДДСБ «Неоселен» ($W_{\text{Se}} = 124,3$ мг/кг) – молочної сироватки із $c_{\text{білка}} = 1,45 \times 10^4$ мг/кг та Na_2SeO_3 ($W_{\text{Na}_2\text{SeO}_3} \geq 180$ мг/кг).

Дані режими зв'язування білково-мінеральних дієтичних добавок було розглянуто детальніше з допомогою математичного моделювання. Математичні моделі зв'язування іонів йоду та селену білковими середовищами наведено на рис. 3.4.



a



б

в

Рис. 3.4. Математична модель динаміки зв'язування іонів йоду (*a*) та селену (*б*, *в*) білковими середовищами залежно від концентрації розчинів солей та часу витримання

Математичні моделі зв'язування іонів можуть бути описані рівняннями 1-3, де рівняння 1 – для добавки йодобілкової, 2 – для ДДСБ «Сивоселен Плюс», 3 – для ДДСБ «Неоселен»:

$$Y_1(X_1, X_2) = -6.213 + 68.53 \cdot X_1 + 0.246 \cdot X_2 - 80.833 \cdot X_1^2 + (-1.112 \cdot 10^{-3}) \cdot X_2^2 + 0.367 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (3.1)$$

$$Y_1(X_1, X_2) := a_{10} + a_{11} \cdot X_1 + a_{12} \cdot X_2 + a_{13} \cdot X_1^2 + a_{14} \cdot X_2^2 + a_{15} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3.2)$$

$$Y_2(X_1, X_2) := a_{20} + a_{21} \cdot X_1 + a_{22} \cdot X_2 + a_{23} \cdot X_1^2 + a_{24} \cdot X_2^2 + a_{25} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3.3)$$

Наступними дослідження полягали у встановленні оптимальних режимів температури для проведення процесу зв'язування. За умов проведення зв'язування при $pH=7\pm 0,2$ з використанням 0,4 н. розчину КІ за температури $5^{\circ}C$ зв'язування йоду до величини $34,5\pm 1,5$ мг I^{-} /г яєчного білка відбувається протягом 10×60^2 с, за $t=10^{\circ}C$ – протягом 5×60^2 с, за $t=15^{\circ}C$ – протягом 3×60^2 с, за $t=20^{\circ}C$ – протягом 2×60^2 с, за $t=25^{\circ}C$ – протягом $1,5\times 60^2$ с.

Тобто, виходячи із економії часу та енерговитрат, технічної зручності найбільш раціональним є проведення зв'язування йоду із розчину при температурі $20\pm 2^{\circ}C$, що дає можливість зв'язувати $34,5\pm 1,5$ мг I^{-} /г яєчного білка за 2×60^2 с. Лактоальбумін сироватки молока має функціональні групи, які проявляють достатньо сильні відновлювальні властивості, і при взаємодії із Na_2SeO_3 окиснюються, утворюючи Cys–Cys. Цей факт наводить на іншу гіпотезу: Se, що входить до Na_2SeO_3 , може відновлюватися під дією протеїнів сироватки молока до елементного Se^0 . 26,7% Se в ході отримання ДДСБ виділяється у вільному стані.

Після проведення зв'язування іонів I^{-} , SeO_3^{2-} та SeO_4^{2-} підготовлену масу білка сушать методом розпилювального сушіння або іншим методом із наступним подрібненням або без нього в залежності від обраного методу сушіння. Розпилювальний спосіб сушіння білка, запропоновано у зв'язку з його ефективністю для отримання порошків. При використанні даного способу кінцеві продукти мають задовільну однорідність, розчинність і відсутність домішок.

Йодобілкову добавку висушують до вологості $10\pm 0,5\%$, ДДСБ – до $15\pm 0,5\%$. У результаті сушіння було отримано добавку з вмістом загального йоду $33,5\pm 1,5$ мг I^{-} /г яєчного білка (втрати загального йоду при сушінні склали на рівні 3%). У ході термостатування вміст загального йоду в білкові (як речовині) протягом 10...12 годин зменшився на 93 % і складав $2,33\pm 0,05$ мг/1 г білка. Протягом наступних 3-х годин термостатування, цей показник не

змінюється і тим самим можна припустити, що під час термостатування протягом 12 годин неорганічний вміст йоду сублімувався.

Технологічна схема виробництва білково-мінеральних дієтичних добавок представлено на рис. 3.5–3.7.

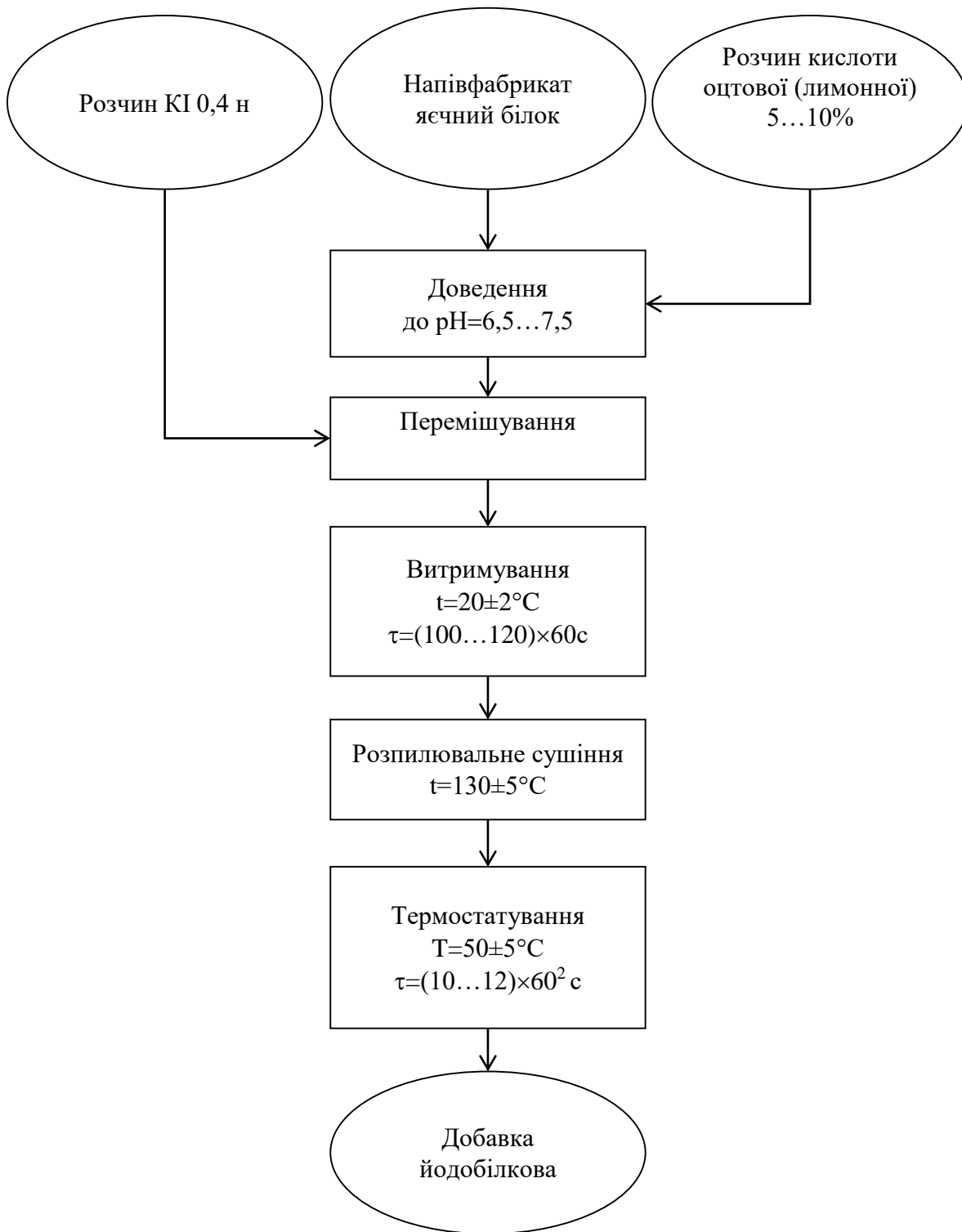


Рис. 3.5. Технологічна схема виробництва добавки йодобілкової

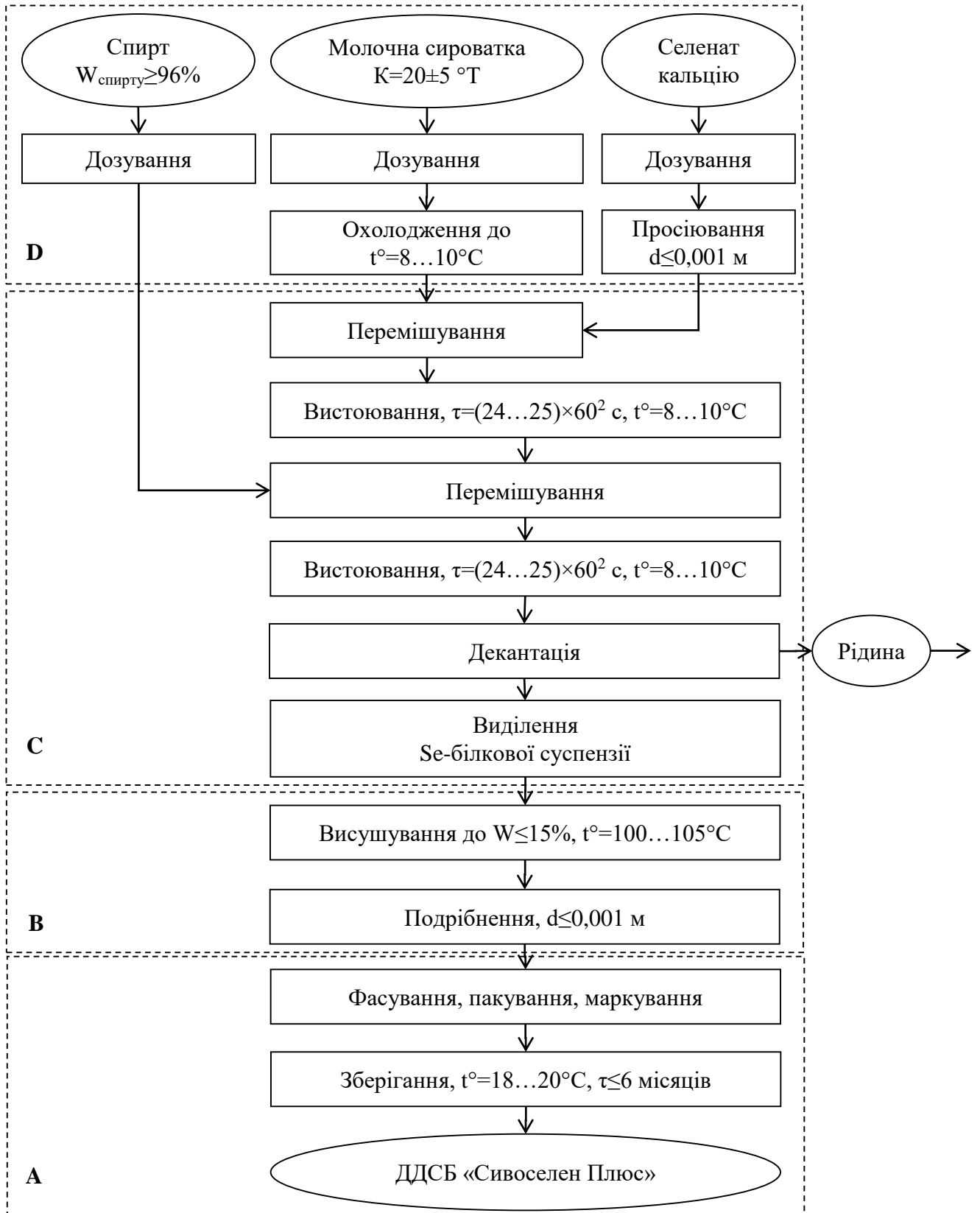


Рис. 3.6. Технологічна схема одержання ДДСБ «Сивоселен Плюс»

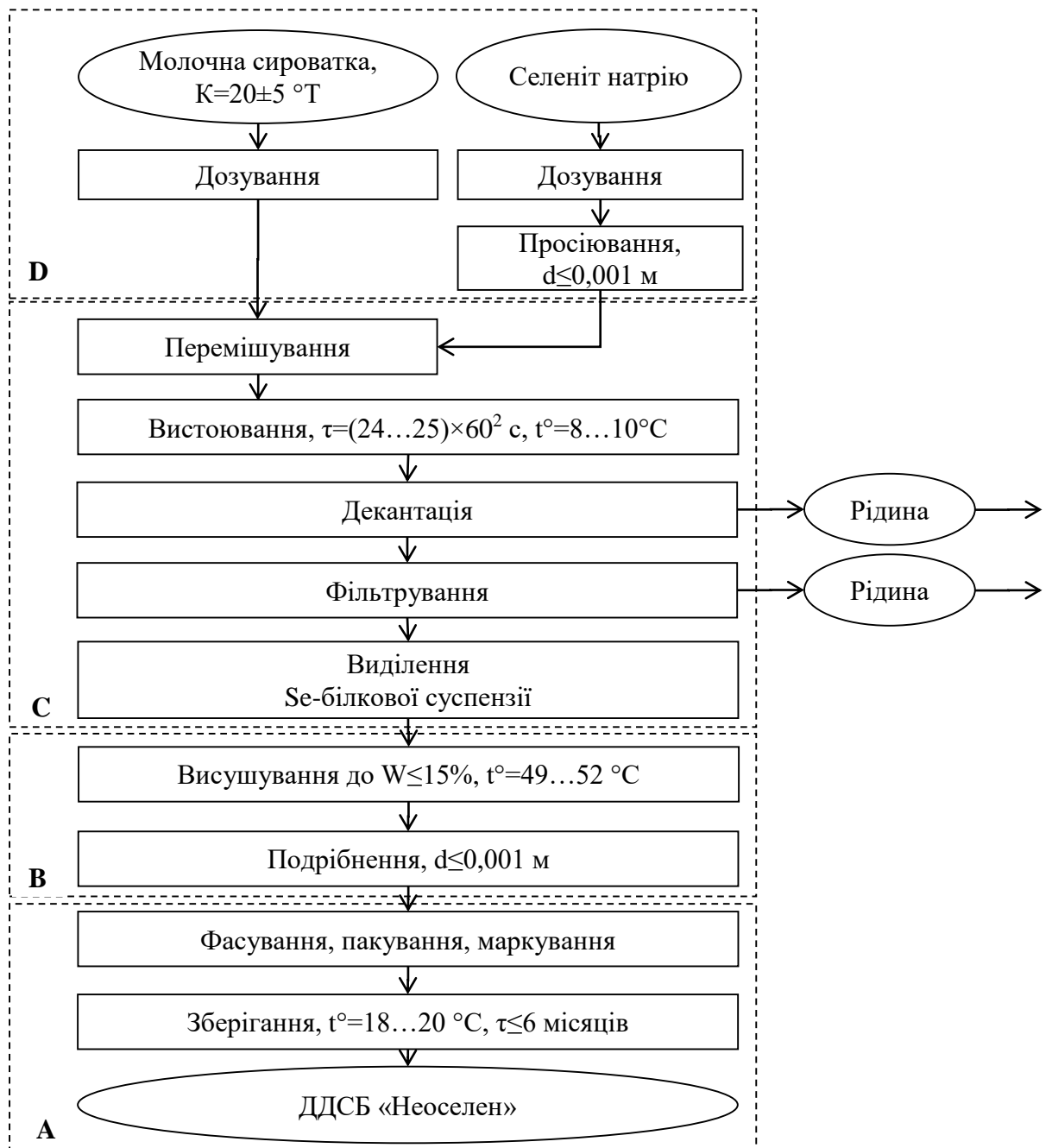


Рис. 3.7. Технологічна схема одержання ДДСБ «Неоселен»

На підставі експериментальних досліджень доведено практичну безпечність добавок при розрахункових величинах показників ЛД₅₀ (ДДСБ «Сивоселен Плюс» – 425,5 мг/кг маси піддослідного щура, позаяк «Неоселен» – 3955,8 мг/кг), що відповідає 5 класу токсичності добавок. Виявлено можливість застосування ДДСБ «Сивоселен Плюс» та «Неоселен» як дієтичні добавки у технологіях харчових продуктів у кількостях: ДДСБ «Сивоселен Плюс» – $W \leq 23,3$ мг/кг, ДДСБ «Неоселен» – виходячи із добової потреби

людини у Se та впливу кількості добавки на технологічні показники якості продукції оздоровчого призначення, збагаченої нею на органічні сполуки Se. Згідно наведених технологій виробництва добавок йодобілкової та селен-білкових, отримано продукти, що характеризуються наступними органолептичними показниками (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Органолептичні показники мінерально-органічних дієтичних добавок

Назва показника	Характеристика добавок		
	Йодобілкова	«Сивоселен Плюс»	«Неоселен»
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок, без сторонніх включень		
Колір	Світло-жовтий	Від світло-коричневого до коричневого	Від світло-червоного до насичено червоного
Консистенція	Однорідна, порошкоподібна		
Запах	Відсутній	Приємний, молочний	
Смак	Нейтральний, можлива легка гіркота	Слабко-молочний, майже нейтральний	

Таким чином, виходячи із органолептичних показників мінерально-органічних дієтичних добавок, стає можливим використання їх у широкому спектрі продуктів харчування. Показники якості, наведені у таблиці свідчать, що протягом 6 місяців зберігання мінерально-органічних дієтичних добавок в порошкоподібному стані у сухих, чистих, добре вентильованих приміщеннях за температури не вище 20° С і відносної вологості повітря, що не перевищує 75%, підвищення КМАФАнМ виявлено в межах норми. Щодо токсикологічних показників якості, то їх дослідження показали, що вміст токсичних елементів у добавці йодобілковій не перевищує допустимі норми, встановлені МБВ та СН №5061 (табл. 3.8). Це дозволяє зберігати дієтичні добавки протягом 6 місяців у сухому вигляді у сухих, чистих, добре вентильованих складах за температури не вище 20° С і відносної вологості повітря, що не перевищує 75%.

Зміна показників якості мінерально-органічних дієтичних добавок у процесі їх зберігання

Група показників	Добавка йодобілкова			ДДСБ «Сивоселен Плюс» та «Неоселен»		
	Тривалість зберігання, діб					
	30	90	180	30	90	180
Органолептичні, у т.ч.: зовнішній вигляд	Однорідний порошок, без сторонніх включень	Без змін	Без змін	Однорідний порошок, без сторонніх включень	Без змін	Без змін
колір	Світло-жовтий	Без змін	Без змін	Від світло-червоного до насичено червоного	Без змін	Без змін
консистенція	Однорідна, порошкоподібна	Без змін	Без змін	Однорідна, порошкоподібна	Без змін	Без змін
запах	Відсутній	Без змін	Без змін	Приємний, молочний	Без змін	Без змін
смак	Нейтральний, можлива легка гіркота	Без змін	Без змін	Слабко-молочний, майже нейтральний	Без змін	Без змін
Мікробіологічні, у т.ч.:						
кількість МАФАМ, КУО в 1г	Не більш ніж 1×10^2	Без змін	Без змін	Не виявлені	Без змін	Без змін
БГКП (коліформи) в 1,0 г	Не виявлені	Без змін	Без змін	Не виявлені	Без змін	Без змін
патогенні МО, в т.ч. бактерії роду Salmonella, в 25г	Не виявлені	Без змін	Без змін	Не виявлені	Без змін	Без змін
дріжджі, КУО в 1,0 г	Не виявлені	Без змін	Без змін	Не виявлені	Без змін	Без змін
плісняві гриби, КУО в 1,0 г	Не виявлені	Без змін	Без змін	Не виявлені	Без змін	Без змін

З-поміж показників функціонально-технологічних властивостей для характеристики ДДСБ та йодобілкової добавки було обрані такі: вологоутримуюча (ВУЗ), вологопоглинаюча (ВПЗ), жирутримуюча (ЖУЗ) та жироемульгуюча (ЖЕЗ) здатності. Визначено характер взаємодії мінерально-органічних добавок із найпоширенішими розчинниками (водою, олією соняшниковою), дисперсними системами (зокрема, емульсією типу «вода в жирі»), можливість застосування вищезначених добавок у технологіях соусів (табл 3.9).

Таблиця 3.9

Функціонально-технологічні показники мінерально-органічних добавок

Показник	Добавка йодобілкова	ДДСБ	
		«Сивоселен Плюс»	«Неоселен»
ВУЗ, %	-	109±1,1	35±0,35
ВПЗ при 90 °С, %	-	221,4±2,2	336,8±3,4
ЖЕЗ, %	103,2 ± 0,5	16,8±0,8	216,5±2,1
ЖУЗ, %	2,7 ± 0,2	80,2±0,8	75,4±0,7
Розчинність, %	86,5 ± 1,0	-	-

Визначено задовільні значення показників ЖУЗ та ЖЕЗ ДТЗ, завдяки яким добавки проявлятимуть стабілізаційні та емульгуючі властивості у харчових системах. Комплекс таких технологічних характеристик ДДСБ обумовлюється модифікацією сироваткових білків під час їх виробництва, а саме: їх взаємодією з сироватковими ферментами (редуктазами, оксидазами та ін.), солями Se, які виступають як відновники, так і окисники, величиною рН-середовища, температурних режимів тощо. Вищезазначені показники ЖУЗ та ЖЕЗ можна пояснити технологічними властивостями гідрофобних функціональних груп білків ДДСБ, наявних на їх контактній поверхні (-CH₃, -C₂H₅ тощо). Гіпотеза підтверджується даними дослідження ВУЗ та ВПЗ ДДСБ.

Одним із важливих показників продуктів харчування, що впливає на їх споживні характеристики, є хімічний склад, який наведено в таблиці 3.10.

Хімічний склад мінерально-органічних добавок

Масова частка	Добавка йодобілкова	Добавка дієтична селен-білкова	
		«Сивоселен Плюс»	«Неоселен»
На натуральну речовину			
Вологи, %	8,6±0,5	15,0±0,38	15,0±0,38
Сухих речовин, %:	91,4±2,3	85,0±2,2	85,0±2,2
Загального протеїну (сирого), %, у т.ч.:	89,3±1,6	12,95±0,32	30,25±0,8
Загального жиру, %	–	0,44±0,01	–
Вуглеводів, %	–	57,67±1,4	39,3±1,0
Клітковини, %	–	1,45±0,04	1,4±0,04
Сирої золи, %, у т.ч.:	2,1±0,5	12,50±0,3	14,0±0,35
Кальцію, %	–	2,15±0,05	0,18±0,01
Фосфору, %	–	1,50±0,04	1,50±0,04
Селену, %	–	24,0±0,6	266,10±6,6
Йоду, %	0,21±0,004	–	–

На основі літературної інформації про «летючість» сполук йоду нами було досліджено кінетику вмісту йоду в добавці йодобілковій під час зберігання. Під час зберігання відбувся процес сублімації сполук йоду в добавці. На летючість сполук йоду передусім впливають такі фактори, як температура та тривалість процесу зберігання. Дослідження кінетики вмісту йоду показали, що у період гарантійного терміну зберігання (протягом 6 місяців) вміст йоду в добавці зменшився в межах допустимих значень (у межах похибки). Вірогідно це пов'язано з тим, що йод у складі добавці йодобілковій є зв'язаним із білком.

Таким чином, мінерально-органічні дієтичні добавки можна використовувати у виробництві різноманітних продуктів харчування як для повсякденного так і спеціалізованого призначення (рис. 3.8).

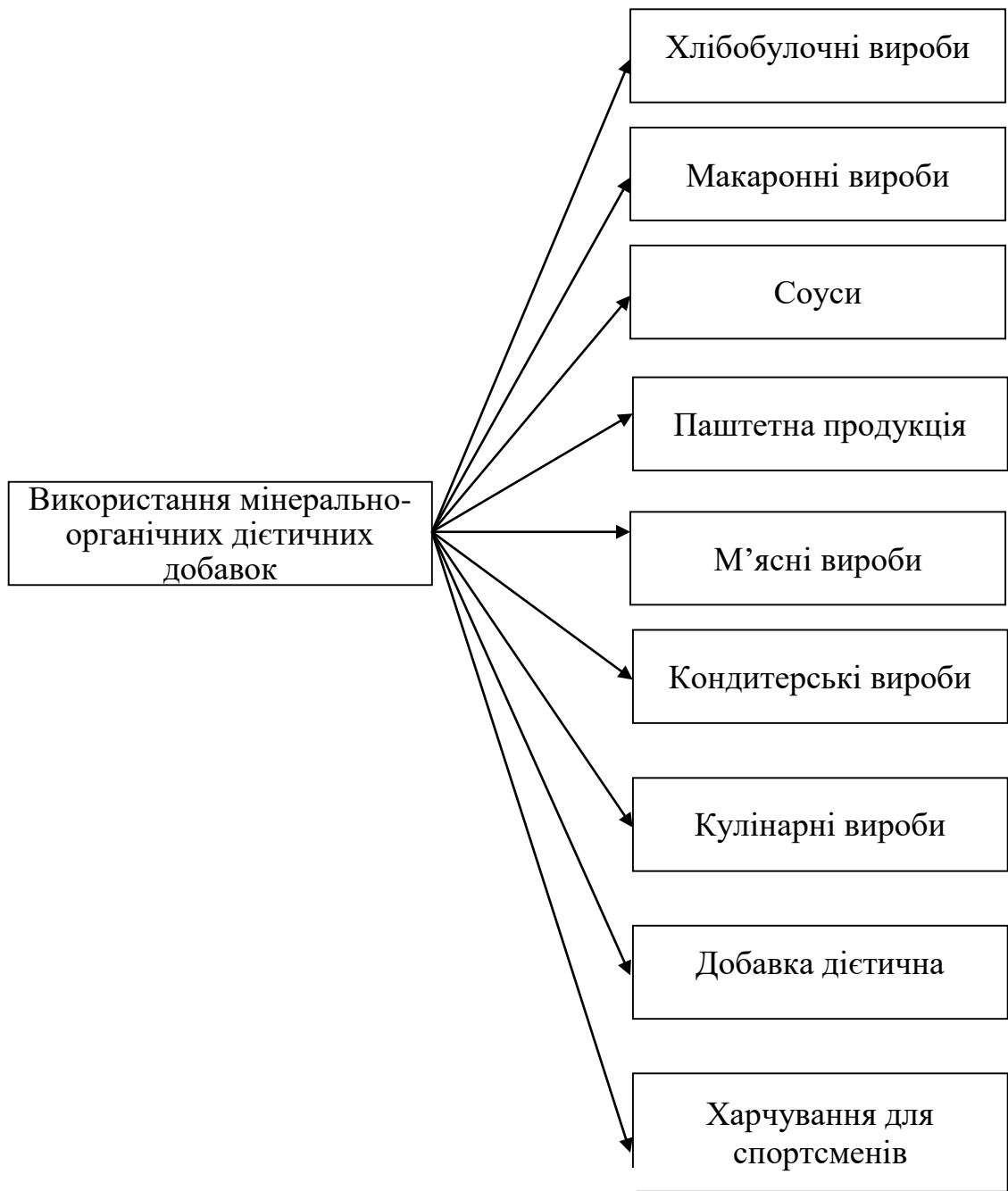


Рис. 3.8. Шляхи використання мінерально-органічних дієтичних добавок

Використання мінерально-органічних дієтичних добавок у капсульованій або таблетованій формі можливе в межах терапевтичних заходів для хворих людей на селенодефіцитні захворювання в кількості $W \leq 23,33$ мг/кг маси тіла.

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено ДДСБ стало очевидно, що «Неоселен» на відміну від «Сивоселен Плюс»

володіє вираженими функціонально-технологічними та функціонально-фізіологічними властивостями. Так, ВПЗ даної добавки у 1,5 рази більша, ніж у ДДСБ «Сивоселен Плюс» ($336,8 \pm 3,4\%$ та $221,4 \pm 2,2\%$ відповідно), показник ЖЕЗ – в 11,5 разів ($216,5 \pm 2,1\%$ та $16,8 \pm 0,9\%$ відповідно), вміст Se – в 11 разів ($266,1$ мг/кг та $24,0$ мг/кг відповідно). Таким чином, використання ДДСБ «Неоселен» буде доцільним і в харчових системах, які не зазнаватимуть впливу високих температур при кулінарній обробці та промислового виробництва: соусах, топінгах, кисломолочній продукції, солодких стравах та стравах з кисломолочного сиру тощо. Також, можливе використання ДДСБ «Неоселен» у якості емульгатора в технології харчової продукції.

3.3. Математичні розрахунки оптимальних співвідношень розмірів добавок при їх одночасному використанні

Дієтичні добавки можуть бути використані у широкому асортименті продуктів харчування оздоровчого призначення. Але для цього необхідним є точне нормування та рівномірний розподіл зазначених добавок у харчовій системі. З цією метою нами проведено математичні розрахунки оптимальних співвідношень розмірів добавок при їх одночасному використанні.

Побудова математичної моделі задачі. Розглядається два типа фізичних об'єктів однакової щільності, що мають форму кулі. Діаметр більшого з них позначимо через d_1 (тип 1-добавка «Неоселен»), меншого – через d_2 (тип 2-добавка йодобілкова). Розглянемо задачу оптимального (максимально щільного) розташування об'єктів типу 2 невідомого діаметра на об'єкті типу 1 фіксованого діаметра (рис. 3.9), якщо відоме обмеження на співвідношення їхніх мас.

$$\frac{m_1}{m_2} \geq M. \quad (3.4)$$

Тут m_1 – маса об'єкту типу 1, m_2 – сумарна маса об'єктів типу 2.

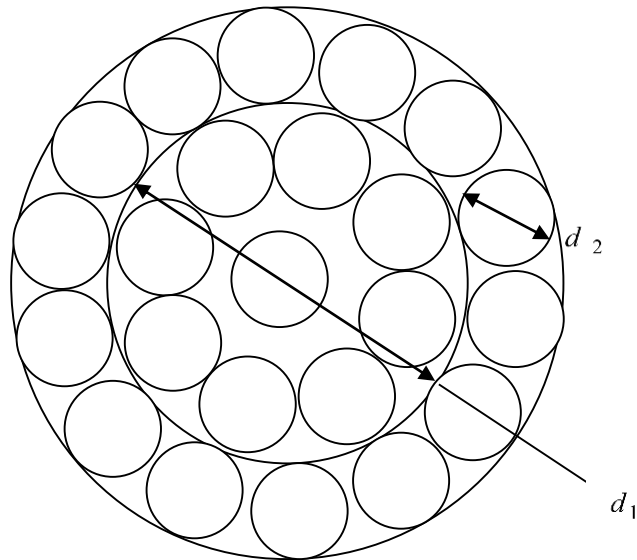


Рис. 3.9. Розташування сферичних об'єктів: d_1 – добавка «Неоселен»;
 d_2 – добавка йодобілкова

Позначимо через V об'єм сфери діаметру $d_1 + 2d_2$ (рис. 3.9). Введемо функцію щільності заповнення сфери об'єму V об'єктами типу 1 та 2:

$$D = \frac{V_1 + \sum_{i=1}^n V_{2i}}{V}, \quad (3.5)$$

тут V_1 – об'єм об'єкта типу 1, V_2 – об'єм об'єкта типу 2, n – кількість об'єктів типу 2. Обираємо наступну задачу оптимізації:

$$D = \frac{V_1 + \sum_{i=1}^n V_{2i}}{V} \rightarrow \max \quad (3.6)$$

$$\frac{V_1}{nV_2} \geq M \quad (3.7)$$

або

$$D = \frac{d_1^3 + \sum_{i=1}^n d_{2i}^3}{(d_1 + 2d_2)^3} \rightarrow \max, \quad (3.8)$$

$$\frac{d_1^3}{nd_2^3} \geq M. \quad (3.9)$$

Проведемо розрахунки для значення $M = 500$ та побудуємо залежність діаметра d_2 від кількості n об'єктів типу 2, змінюючи діаметр d_1 (рис. 3.10). При цьому максимізуємо функцію щільності D (2) та задовольняємо обмеження на маси (1) або (3). Значення $n = 300$ відповідає щільності $D = 0,9$ заповнення сфери діаметра $d_1 + 2d_2$. При цьому на об'єкті типу 1 можна розташувати 300 об'єктів типу 2 та проаналізувати зв'язок між діаметрами d_1 та d_2 .

Із рис. 3.10 видно, що кількість об'єктів типу 2 суттєво залежить від дисперсності обох типів і збільшується, якщо дисперсність об'єктів типу 1 зменшується, а типу 2 – збільшується. Таким чином, модель дозволяє обґрунтувати відносну дисперсність цих об'єктів відповідно до вимог утворення порошків, що містять мікроелементи у заданих співвідношеннях. При цьому, при аналізі моделі вважалось, що частки добавок мають здатність до адгезії.

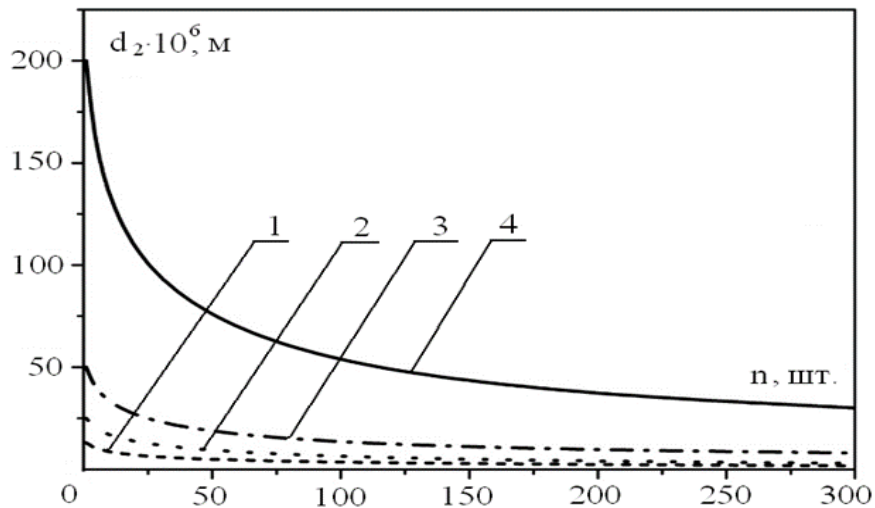


Рис. 3.10. Залежність діаметра добавок йодобілкової та «Неоселен», МКМ:

1 – $d_1=100$; 2 – $d_1=200$; 3 – $d_1=400$; 4 – $d_1=1600$

Для практичного відтворення проаналізованої моделі було проведено експериментальне визначення дисперсності добавок. Для цього добавки йодобілкову та добавку дієтичну селен-білкову «Неоселен» окремо подрібнювали вручну у лабораторній порцеляновій ступці шляхом розтирання круговими рухами протягом $(15...20) \times 60$ с. При цьому добавки насипали в ступку у кількості не більше $1/3$ об'єму ступки. Під час подрібнення частинки добавки періодично зчищали шпателем зі стінок ступки, збирали по центру і продовжували подрібнення. Для отримання суміші добавок, попередньо подрібнені добавки йодобілкової і «Неоселен» змішували у співвідношенні 200 : 1 за масою відповідно, виходячи з добової потреби дорослої людини у йоді та селені. Змішування проводили методом пересипання та струшування суміші подрібнених порошкоподібних добавок із одного лабораторного стакану в інший 15...20 разів. Дисперсність йодобілкової добавки, добавки «Неоселен» та їх суміші визначали шляхом мікроскопування (рис. 3.11, 3.12, 3.13).

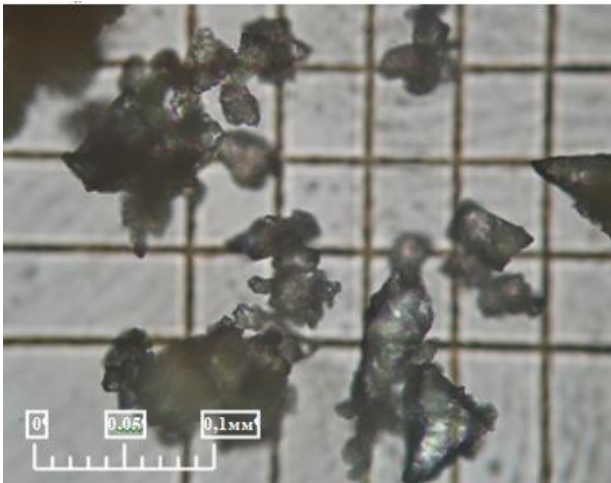


Рис. 3.11. Фрагмент мікроскопування йодобілкової

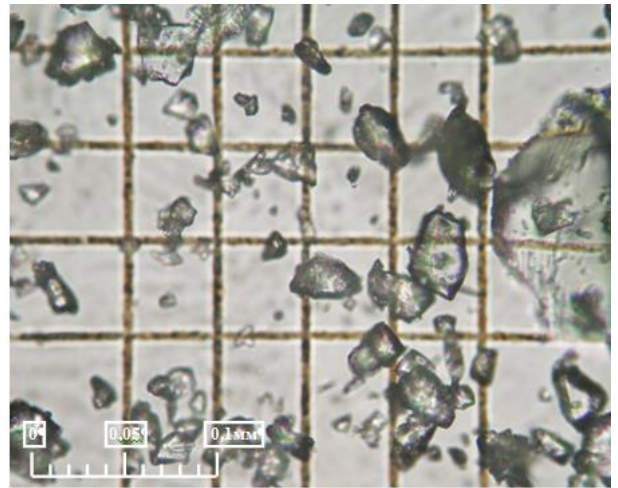


Рис. 3.12. Фрагмент мікроскопування добавки «Неоселен»

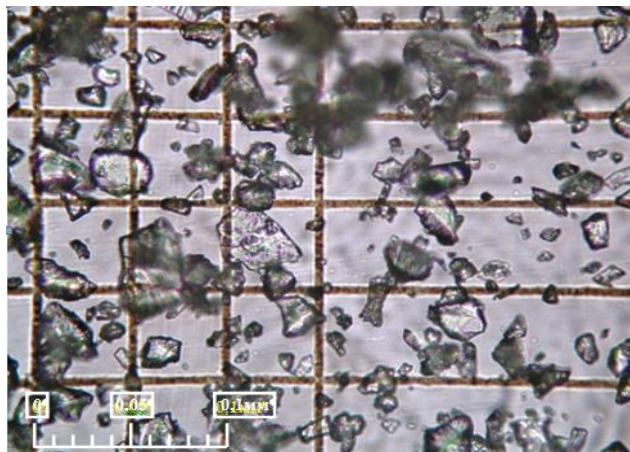


Рис. 3.13. Фрагмент мікроскопування суміші добавок йодобілкової та «Неоселен»

Для аналізу дисперсності обирали по 10 полів зору (мікроскопування) кожного зі зразків та визначили кількість частинок з обраним розміром. Інтегральну дисперсність зразків демонструє рис. 3.14. З рис. 3.14 видно, що зі збільшенням розміру частинок їх кількість зменшується та, фактично, частинки з діаметром $d \approx 100 \times 10^{-6}$ м в полі зору відсутні.

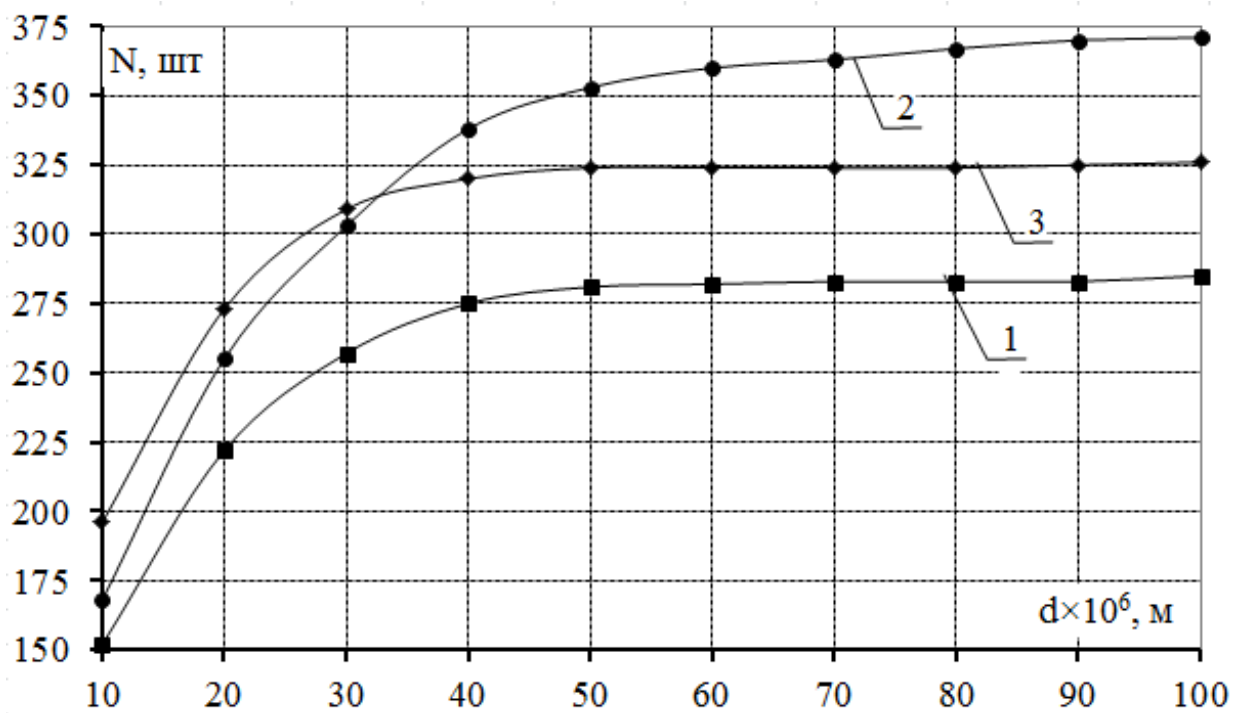


Рис. 3.14. Дисперсність добавок (інтегральна): 1 – добавка йодобілкова; 2 – «Неоселен»; 3 – суміш добавок йодобілкової та «Неоселен»

З метою деталізації аналізу дисперсності зразків, отриманий інтегральний розподіл апроксимували функцією виду:

$$f(d) = a \cdot d^b \cdot \exp(c \cdot d) \quad (3.10)$$

де a , b , c – апроксимаційні коефіцієнти,

d – середній діаметр частинки

Дану функцію диференціювали за діаметром, у результаті чого отримали диференціальний розподіл частинок добавок за розміром.

З рис. 3.15 видно, що найбільш ймовірний розмір частинок досліджуваних зразків знаходиться поблизу величини $d = (10 \pm 1) \times 10^{-6}$ м. Проте відносна кількість, а отже й однорідність за розмірами, найменша у добавки «Неоселен». Очевидно, це пов'язано зі структурно-механічними властивостями вихідних (до подрібнення) зразків: «Неоселен» має меншу

хрупкість, й при подрібненні у ступці таких зразків необхідними є більша тривалість та зусилля для подрібнення.

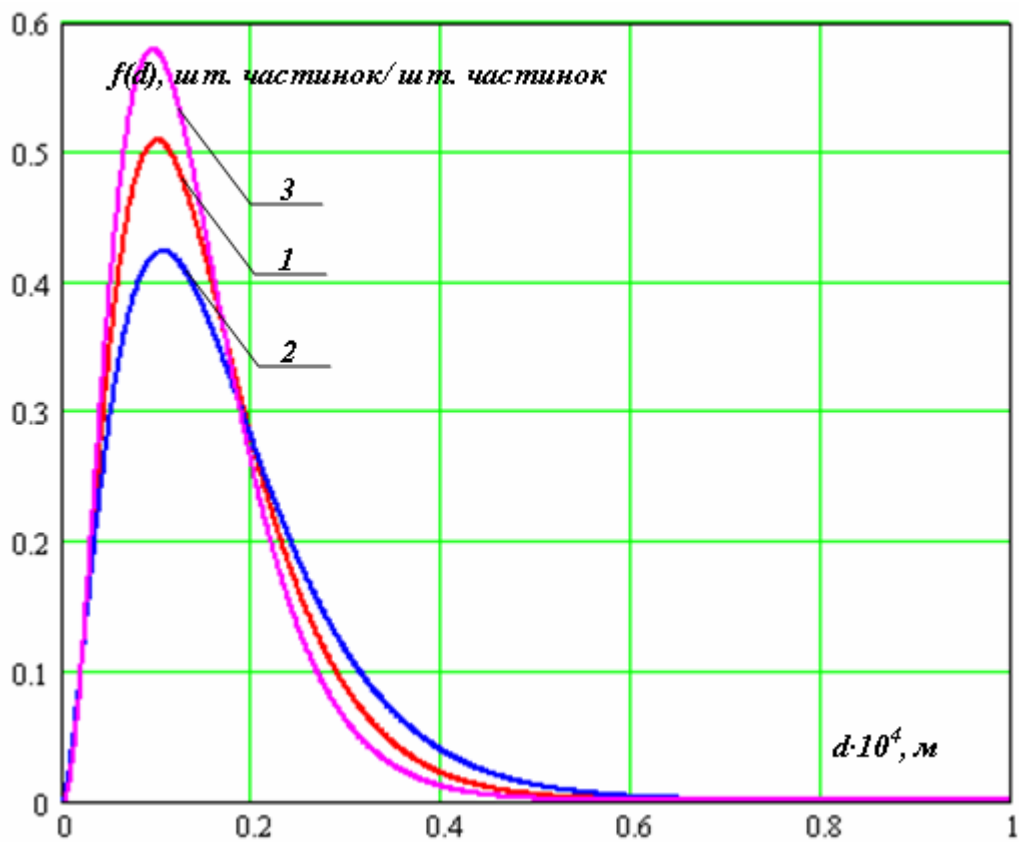


Рис. 3.15. Диференціальний розподіл частинок добавок за розмірами: 1 – добавка йодобілкова; 2 – «Неоселен»; 3 – суміш добавок йодобілкової та «Неоселен»

Крім того, видно, що суміш вихідних порошків (добавок) практично не змінює, у межах похибки, дисперсність, характерну для добавки йодобілкової. З цього слідує, що частинки добавки йодобілкової та «Неоселен» при даній дисперсності не утворюють стійких агломератів, й функціонально-технологічні властивості такої суміші будуть визначатися відносною фізичною густиною частинок та питомою поверхнею контакту з навколишнім середовищем (рідиною, газами, твердими інгредієнтами). Таку суміш слід використовувати при збагачуванні емульсій, напоїв, мусів, соусів, у технологіях яких є операція інтенсивного перемішування.

Слід відзначити, що внесення суміші порошків (добавок) «Неоселен» і добавки йодобілкової у харчові системи, де згідно з технологією інтенсивне перемішування не передбачено, слід вважати не ефективним через можливість нерівномірного розподілу добавок за об'ємом харчового продукту. Для зменшення такого ризику, перспективним слід вважати змішування добавок з різним ступенем дисперсності та утворення агломератів змішуваних частинок, як це передбачено у математичній моделі, описаній вище.

3.4 Вивчення дисперсності мінерально-органічних добавок в різних рідких середовищах

При оцінці часток за розміром, потрібно зробити допущення, що усі частки у зразку сферичної форми. Таким чином використовується розподіл сферичних часток за розміром, в основу якого покладено розподіл часток за їх діаметром. Для апроксимації вимірів використовуються функції виду $f(d) = a_0 d e^{a_0 + a_2 d}$, $f(d) = a_0 a_1 d e^{a_2 d}$, $f(d) = a_0 d^{a_1} e^{a_2 d}$.

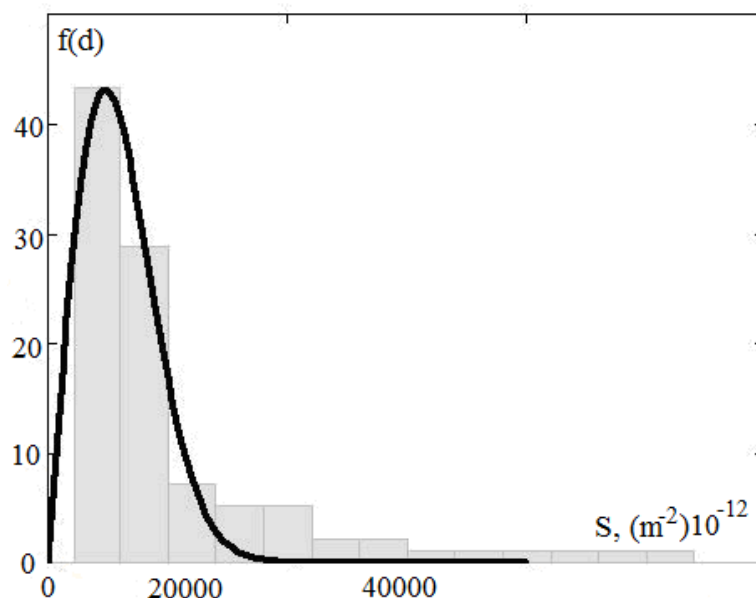


Рис. 3.16. Диференційна крива розподілу для зразка «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» у соняшниковій олії

Оскільки практично значимі лише дві характеристики диференційної кривої: ширина піку та його положення, то основною ознакою вибору функції було щоб ширина піку кривої (база) та положення піку описували експериментальні дані як показано на рис. 3.16.

Визначення положення піку дає змогу визначити за допомогою такої функції найбільш вірогідний розмір частинок (середній діаметр) для даного зразка. Ширина піку характеризує полідисперсність матеріалу: чим вужчий пік, тим менше полі дисперсність і тим краще розподілення зразку. Така залежність витікає із формули:

$$H=S/L, \quad (3.11)$$

де S – площа фігури утвореної кривою розподілення з віссю абсцис; L – висота піку кривої.

Отримані таким чином дані представлено у графічному вигляді (рис. 3.17-3.18).

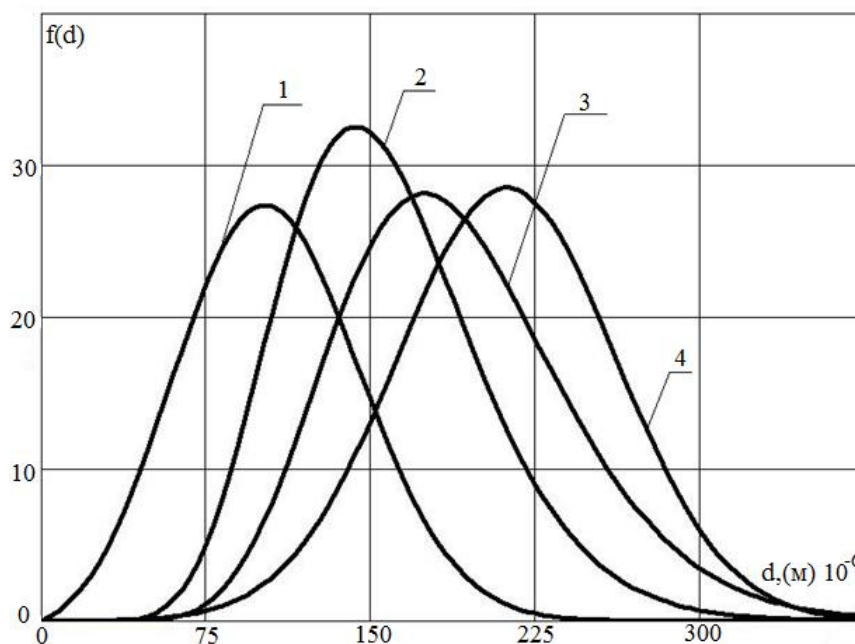


Рис. 3.17. Диференційні криві розподілу за діаметром для добавки йодобілкової: 1 – зразок у маслі; 2 – зразок у спиртовому середовищі; 3 – зразок у водному середовищі; 4 – сухий зразок

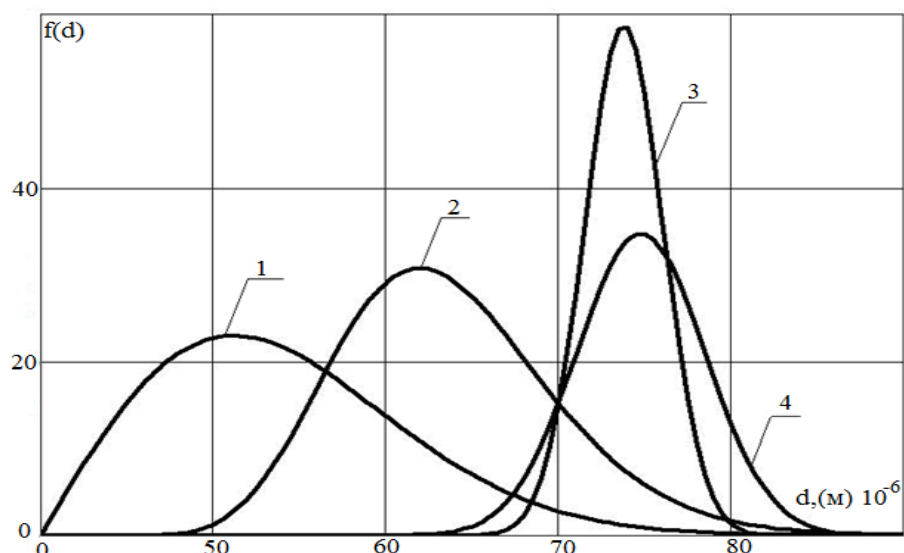


Рис. 3.18. Диференційні криві розподілу за діаметром для добавки «СІВОСЕЛЕН ПЛЮС»: 1 – сухий зразок; 2 – зразок у маслі; 3 – зразок у спиртовому середовищі; 4 – зразок у водному середовищі

Аналіз диференційних кривих та кореляція отриманих, цим методом, результатів з результатами отриманими ЯМР спектроскопією будуть наведені нижче.

За даними експерименту для різних видів досліджуваних зразків були отримані наступні значення T_2 , які наведені у табл. 3.11. В табл. 3.11 величина d^2 – середньоквадратична оцінка точності апроксимації експериментальних даних.

Таблиця 3.11

Результати ЯМР дослідження мінерально-органічних добавок

Назва добавки		A_0 , ум. од.	T_2 , мс	d^2 , ум. од.
Добавка йодобілкова	Вода	$50,2 \pm 1,5$	30 ± 3	0,03
	Масло	$47,9 \pm 1,5$	49 ± 3	0,24
	Спирт	$87,9 \pm 1,5$	57 ± 3	0,18
Добавка «СІВОСЕЛЕН ПЛЮС»	Вода	$84,3 \pm 1,5$	24 ± 3	0,47
	Масло	$63,8 \pm 1,5$	41 ± 3	0,39
	Спирт	$74,6 \pm 1,5$	32 ± 3	0,31

З наведених даних видно, що рухливість протонів водню у різних зразках відрізняється, що обумовлено різним станом речовин, які складають дані технологічні добавки.

Дослідження йодобілкової добавки шляхом дисперсного аналізу показало, що ширина та висота піків усіх диференційних кривих є рівною (крім зразка у водно-спиртовому розчині), що значить про те, що цей зразок у сухому стані, а також у таких рідинах, як вода та соняшникова олія має однакову полідисперсність і, тільки у водно-спиртовому розчині у цього зразка полідисперсність зменшується, що є добрим показником, оскільки менш полідисперсні системи є більш стабільними. За положення піків видно, що найбільше значення середнього діаметру часток має зразок у сухій формі, а з поміщенням зразка у рідину ця величина зменшується, що можливо лише за умови, що вільна поверхнева енергія часток дисперсної фази у сухому стані більше ніж та ж енергія у цих рідинах. Це може означати наступне: у сухому стані частки цього зразку утворюють конгломерати між собою, а у рідині ці конгломерати розпадаються за рахунок розчинення речовини, яка утримувала окремі часточки разом. З огляду на вищесказане, можна зробити висновок, що цей зразок найбільш доцільно використовувати у настоянках, алкогольних напоях тощо, оскільки він має найменшу полідисперсність у цих рідинах, а розміри його часток зменшуються, що говорить про часткове розчинення. В той же час дослідження цієї добавки за допомогою ЯМР спектрометра показало, що час спін-спінової релаксації добавки у воді найменший, що свідчить про зниження рухливості протонів водню, який входить до складу добавки.

Дослідження добавки «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» встановило, що найменшу полідисперсність має зразок у водно-спиртовому розчині, оскільки у нього найвужчий та найвищий пік. Зразок у воді також має невисокий показник полідисперсності порівняно зі зразком у олії та у сухому стані. Тут також як і у попередньому випадку пікі для зразка у спирті та воді зміщені праворуч, що каже про процес набухання та стабілізації дисперсної системи загалом. Однак

на відміну від попереднього зразка можна порадижити використання цього зразку у кондитерських виробах зі спиртовою начинкою, оскільки полідисперсність таких систем значно менша, ніж систем з водою.

Проведений комплекс досліджень дає змогу науково обґрунтувати спектр подальшого використання досліджених добавок, як носіїв есенціальних мінеральних нутрієнтів у технології різних продуктів харчування. Розширення асортименту продукції з використанням запропонованих добавок дозволить максимально використати їх функціонально-технологічний потенціал і таким чином забезпечити харчову та біологічну цінність готової продукції. Після проведення досліджень були встановлена відповідна кореляція між функціонально-технологічними властивостями харчових добавок, що визначені шляхом дисперсного аналізу та ЯМР спектрометра. Тенденція зміни функціональних властивостей йодобілкової добавки, яка визначена шляхом дисперсного аналізу та ЯМР спектроскопією має однакову направленість. Згідно з результатами описаних методик, цей зразок має схильність до самодиспергування. Результати дослідження білково-мінеральної добавки кажуть про меншу рухливість протонів водню, та корелюють з результатами отриманими шляхом дисперсного аналізу: зразок у водно-спиртовому розчині поводить себе найбільш стабільно, а у соняшниковій олії більш є полідисперсний. Результати досліджень, отримані ЯМР спектроскопією, для добавки «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» підтверджують, що час спін-спінової релаксації T_2 є найбільшим для зразка у соняшниковій олії і меншим для зразку у воді та водно-спиртовому розчині, тобто рухливість цих систем є меншою і вони поведуть себе більш стабільно.

Таким чином, отримані деякі фізичні властивості добавок, є основою наукового обґрунтування використання мінерально-органічних добавок в технологіях харчових продуктів оздоровчого призначення.

3.5 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикату з молюска прісноводного

Згідно з концепцією дослідження раціонально провести аналіз показників органолептики м'якого тіла прісноводних молюсків, оскільки дана сировина раніше не використовувалась у технології харчування [291-295].

Профілі органолептичної оцінки м'якого тіла прісноводних наведено на рис. 3.19.

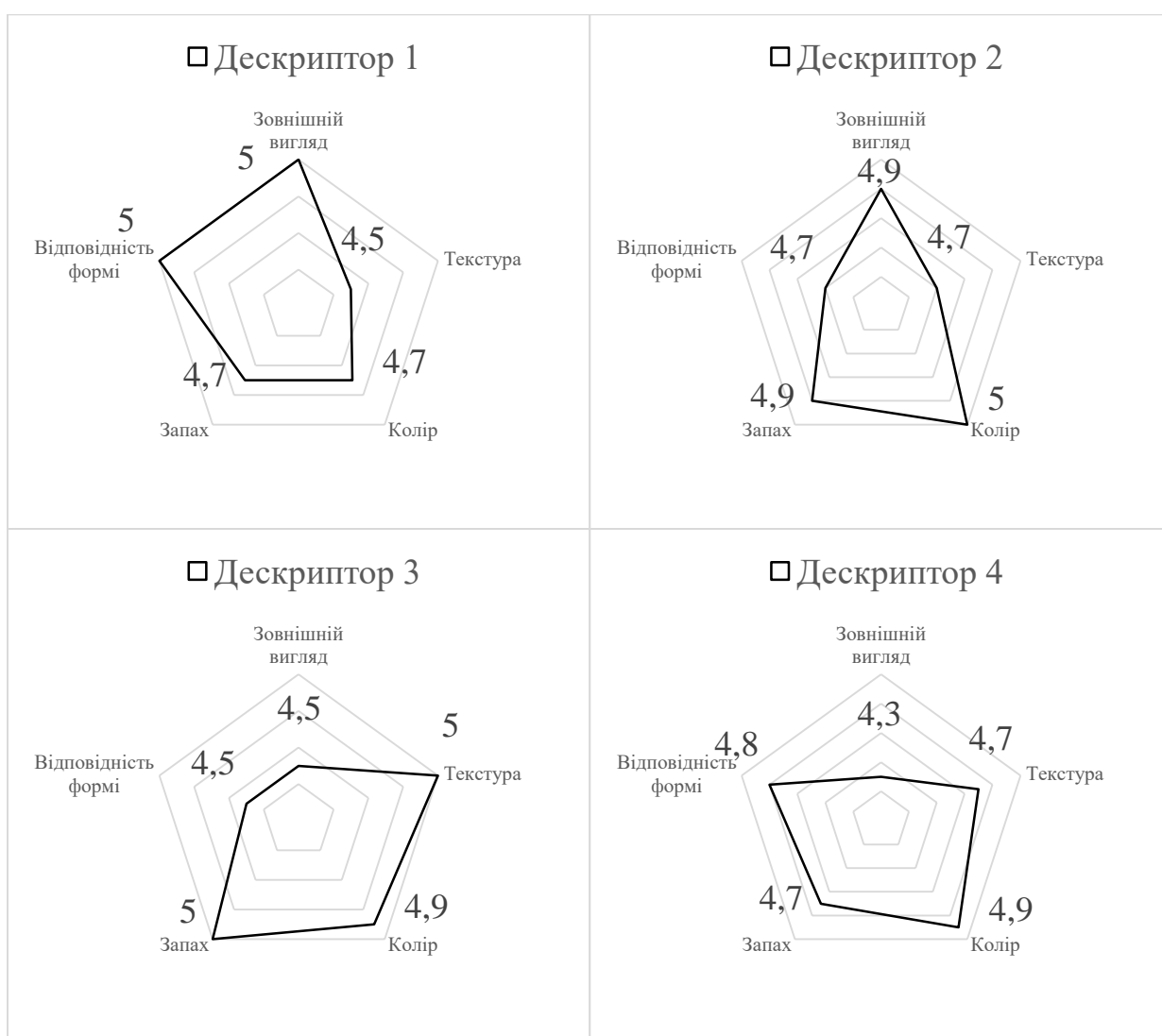


Рис. 3.19. Профілі органолептичної оцінки м'якого тіла прісноводних молюсків

Органолептичні показники, що характеризують зовнішній вигляд, як видно з таблиці 3.12 та рис. 3.18 характеризуються гладкістю поверхні,

цілісною структурою з формою, що відповідає натуральній, без розривів (4,8 балів). Для показника органолептики, що характеризує консистенцію м'якого тіла прісноводних молюсків та контрольних зразків притаманна пружність, помірна еластичність, ніжність та соковитість (5,0 балів). Характерною ознакою м'якого тіла прісноводних молюсків та контрольних зразків є рівномірне забарвлення складових анатомічних частин на розрізі. Можна відзначити, що запах м'якого тіла прісноводних молюсків та контрольних зразків визначені як натуральні, виразні, без неприємних і нехарактерних сторонніх запахів (оцінка 4,9).

На підставі узагальнення проведених досліджень визначено показники сенсорного аналізу м'якого тіла прісноводних молюсків, які наведено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Органолептична оцінка м'якого тіла прісноводних молюсків за показниками

Органолептичні показники	Характеристика	
	Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски
Зовнішній вигляд	Характерна натурального форма молюска морського, відповідність забарвлення натуральному	Характерна натурального форма молюска прісноводного, відповідність забарвлення натуральному
Колір	Натуральний, мантия – світло-кремовий; прилегла частина – світло-жовтий, рівномірне забарвлення частин	Натуральний, нога – світло-кремовий; прилегла частина – світло-сірий, рівномірне забарвлення частин
Запах	Натуральний, виразний, відсутність сторонніх запахів	Натуральний, виразний, відсутність сторонніх запахів
Текстура	Пружна, еластична, однорідна	Пружна, еластична, однорідна
Відповідність формі	Характерна анатомічна, характерна	Характерна анатомічна, характерна
Загальна оцінка	4,8	4,9

Наступним кроком було дослідження загального хімічного складу. Досліджено хімічний склад м'якого тіла прісноводних молюсків. Найголовніша цінність гідробіонтів, особливо, як продукту харчування, визначається в першу чергу наявністю в їхньому складі великої кількості повноцінних за амінокислотним складом білків. Велику роль відіграють також присутні в гідробіонтах інші харчові поживні речовини – ліпіди та мінеральні речовини. Проведено дослідження загального хімічного складу м'якого тіла прісноводних молюсків та контрольних зразків, що представлено у рис. 3.20.

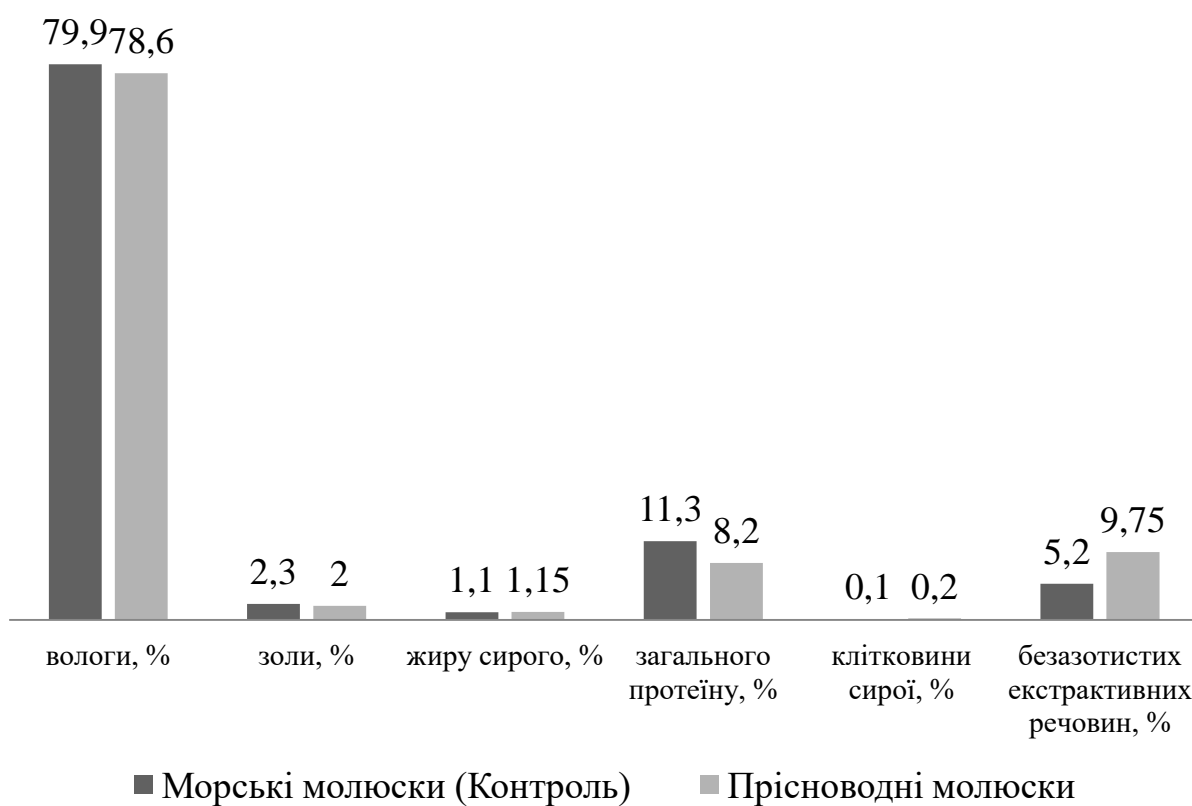


Рис 3.20. Хімічний склад м'якого тіла прісноводних молюсків

З огляду на отримані дані можна констатувати, що прісноводні молюски являються продуктами з багатим хімічним складом. У м'якому тілі прісноводних молюсків серед сухих речовин по кількості переважає вміст білка та мінеральних речовин. До складу прісноводних молюсків входить також незначна кількість ліпідів (до 1,15%). Дані рис. 3.20 показують, що прісноводні молюски містять загального протеїну на 27,8% менше ніж

контрольні зразки. За вмістом білка вони відносяться до гідробіонтів з середнім вмістом білка.

Результати дослідження мінеральний склад м'якого тіла прісноводних молюсків представлено у табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Порівняльний мінеральний склад м'якого тіла молюсків

(n=5, P≥0,95)

Найменування мінеральних речовин	Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски
Кальцій, мг/100 г	110	200
Фосфор, мг/100 г	240	350
Калій, мг/100 г	290	260
Натрій, мг/100 г	155	130
Магній, мг/100 г	186	170
Мідь, мкг/100 г	39	35
Марганець, мг/100 г	2,88	3,41
Цинк, мг/100 г	1,90	0,63
Залізо, мг/100 г	2,3	3,15
Селен, мкг/100 г	7	10
Йод, мкг/100 г	57	45

Макро - та мікроелементи містяться в прісноводних молюсках у порівнянні з морськими. У м'якому тілі прісноводних молюсків та контрольних зразків міститься усі основні макроелементи, такі як: кальцій, фосфор, калій, натрій, магній. Вміст фосфору, калію та магнію у м'якому тілі дослідних зразків майже на половину задовольняє добову потребу у них для дорослої людини.

За вмістом деяких мікроелементів м'яке тіло прісноводних молюсків в рази перевищує показники м'якого тіла контрольних зразків. Наприклад, вміст кальцію в 1,8 рази та фосфору в 1,5 рази вище у дослідних зразках прісноводних молюсків. Вміст магнію у м'якому тілі майже наполовину задовольняє добову потребу у його споживанні для дорослої людини.

Ідеальне співвідношення натрію та калію в сировині прийнято вважати як 1:1,8. Співвідношення цих макроелементів в м'якому тілі прісноводних молюсків наближається складає 1:1,8, що забезпечить їх максимальне засвоєння. У м'якому тілі прісноводних молюсків та контрольних зразків із числа мікроелементів виявлено залізо, марганець, цинк, мідь, йод, а також його природній синергіст селен. За кількістю селену у м'якому тілі прісноводних молюсків на 30%, а марганцю на 15% більше ніж у м'якому тілі контрольних зразків. Вміст йоду у прісноводних молюсках складає 45 мкг/100г, що майже на третину задовольняє добову потребу у його споживанні для дорослої людини.

З метою визначення харчової та біологічної цінності білків м'якого тіла прісноводних молюсків досліджено їх амінокислотний склад та порівняння з контрольними зразками. У табл. 3.14 представлений амінокислотний склад білків м'якого тіла контрольних зразків та тіла прісноводних молюсків.

Таблиця 3.14

Амінокислотний склад та АКС білків м'якого тіла морських та прісноводних молюсків

(n=5, P≥0,95)

Амінокислота	Довідкова шкала ФАО/ВОЗ еталонного білка	Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски	Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски
	Вміст амінокислоти, мг/г	Вміст амінокислоти, мг/г	Вміст амінокислоти, мг/г	АКС, %	АКС, %
Лізин	55	72	85	130,0	155,0
Ізолейцин	44	52	48	118,0	109,0

Лейцин	70	84	71	120,0	101,0
Валін	50	52	48	104,0	96,0
Метионін	35	34	39	97,0	111,0
Треонін	40	51	47	128,0	117,0
Триптофан	10	13	7	130,0	70,0
Фенілаланін	60	59	75	72,0	125,0

За даними табл. 3.14 можна визначити, що лімітуючою амінокислотою є фенілаланін у морських молюсках, тобто він найменше засвоїться організмом у процентному відношенні лише на 44% від загальної його кількості. За даними табл. 3.14 можна визначити, що лімітуючою амінокислотою є триптофан у прісноводних молюсках, тобто він найменше засвоюється організмом у процентному відношенні лише на 58% від загальної його кількості. Дослідження АКС білків м'якого тіла прісноводних молюсків та контрольних зразків свідчить про їхню високу біологічну цінність. Отримані дані графічно представлені на рис. 3.21.

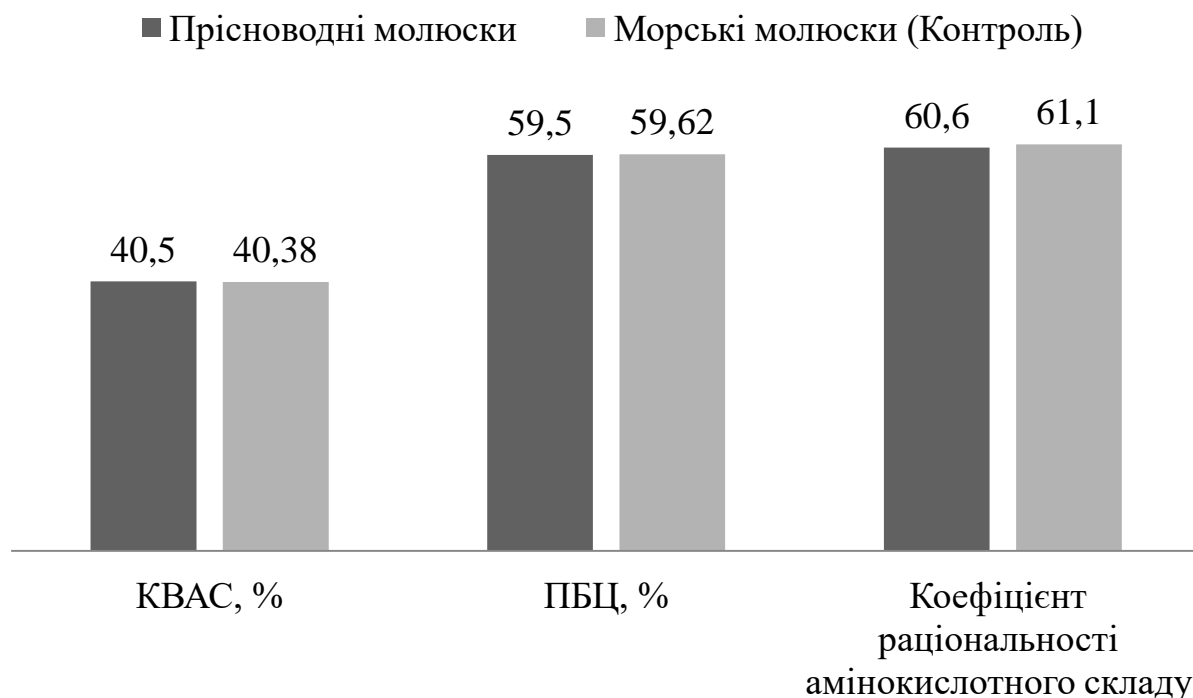


Рис. 3.21. Показники біологічної цінності білків м'якого тіла прісноводних молюсків

З даних рис. 3.21 можна зробити висновок, що КВАС для прісноводних зразків – 40,5%, для контрольних зразків – 40,38%. Для білків м'якого тіла прісноводних молюсків ПБЦ становить 59,5%, для білків контрольних зразків – 59,62%. Це свідчить про здатність білка приймати участь як у пластичному, так і у енергетичному обміні. Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, що чисельно характеризує збалансованість незамінних амінокислот по відношенню до еталонного білка, для прісноводних молюсків становить 60,6; для контрольних зразків – 61,1.

Важливим являється той факт, що білки м'якого тіла прісноводних молюсків містять у своєму складі усі незамінні амінокислоти. Організм людини використовує білок для біосинтезу в межах лімітуючої амінокислоти. Проведено дослідження жирнокислотного складу ліпідів м'якого тіла прісноводних молюсків. Аналіз жирнокислотного складу м'якого тіла прісноводних молюсків та контрольних зразків, представлений у табл. 3.15, показує, що загальна кількість ПНЖК для прісноводних молюсків складає 0,52 мг/100 мг, для морських молюсків – 0,44 мг/100 мг відповідно.

Таблиця 3.15

Порівняння жирнокислотного складу ліпідів м'якого тіла молюсків

(n=5, P \geq 0,95)

№ з/п	Назва жирної кислоти	Результати випробувань	
		Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски
НЖК			
1	Міристинова (C _{14:0})	0,03±0,001	0,03±0,001
2	Пальмітинова (C _{16:0})	0,06±0,004	0,11±0,002
3	Пальмітолейнова (C _{16:1})	0,08±0,001	0,10±0,001
4	Стеаринова (C _{18:0})	0,03±0,001	0,04±0,001
5	Арахінова (C _{20:0})	0,07±0,002	0,07±0,002
Загальна сума НЖК		0,31	0,36

ПНЖК			
6	Олеїнова (C _{18:1})	0,10±0,003	0,11±0,003
7	Лінолева (C _{18:2})	0,01±0,001	0,01±0,001
8	Ліноленова (C _{18:3})	0,01±0,001	0,01±0,001
9	Стиоридова (C _{18:4})	0,02±0,001	0,02±0,001
10	Арахідонова (C _{20:4})	0,03±0,001	0,04±0,001
11	Ейкозапентаєнова (C _{20:5})	0,09±0,001	0,10±0,003
12	Ерукова (C _{22:1})	0,01±0,001	0,02±0,001
13	Докозапентаєнова (C _{22:5})	–	0,01±0,001
14	Докозагексаєнова (C _{22:6})	0,10±0,003	0,13±0,004
Загальна сума ПНЖК		0,37	0,45

Вміст ПНЖК у ліпідах м'якого тіла прісноводних молюсків складає 55,5% від загальної кількості. Сума НЖК в дослідних зразках ліпідів м'якого тіла прісноводних молюсків складає 0,36 мг/100 мг, для контрольних зразків – 0,31 мг/100 мг. Основною за кількісним вмістом у ліпідах м'якого тілі обох зразків молюсків НЖК являється пальмітинова (C 16:0).

Із представлених у таблиці зразків кількість ω -3 жирних кислот (ліноленова, ейкозопентаєнова, докозопентаєнова та докозогексаєнова) для ліпідів м'якого тіла прісноводних молюсків складає 0,25 мг/100 мг, що на 20% менше ніж у контрольних зразках. Кількість ω -3 жирних кислот для ліпідів контрольних зразків складає 0,2 мг/100 мг. Загальна кількість ПНЖК родини ω -3 та ω -6 для зразків прісноводних молюсків складає 0,3 мг/100 мг, що на 20% більше ніж у контрольних зразках. З отриманих даним можна констатувати, що у ліпідах дослідних та контрольних зразків кількість ПНЖК переважає над вмістом НЖК. На основі отриманих даних можна вважати, що ліпіди м'якого тіла прісноводних молюсків мають високу біологічну цінність та при споживанні можуть забезпечувати здорове функціонування організму.

Розроблюючи та моделюючи поведінку м'якого тіла прісноводних молюсків в технології напівфабрикату, проведено дослідження ВУЗ та рН

м'якого тіла дослідних та контрольних зразків. Результати досліджень представлені у рис. 3.22.

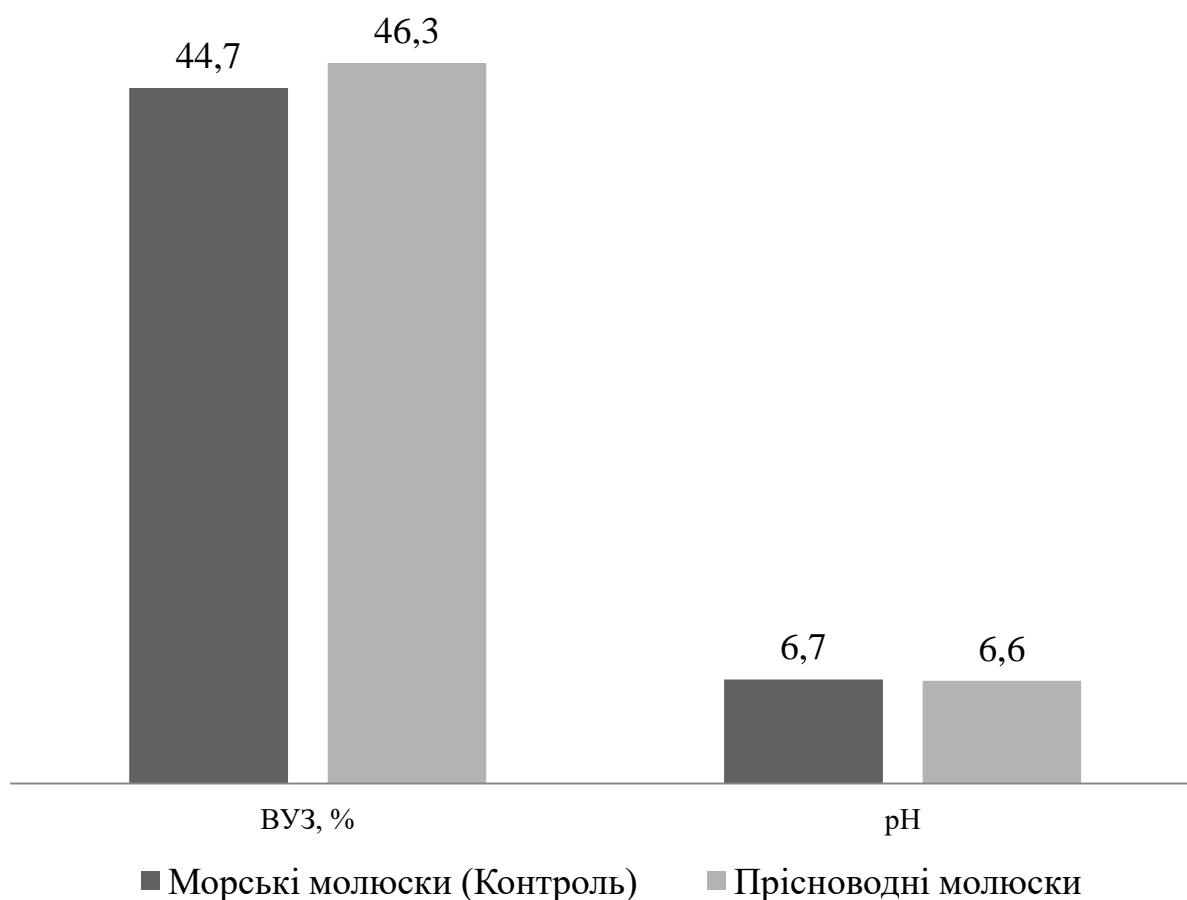


Рис. 3.22. ВУЗ та рН м'якого тіла прісноводних молюсків

З даних рис. 3.22 можна побачити, що отримані результати свідчать про невисокі показники ВУЗ у обох видів молюсків, тобто обмежені ФТЗ відносно цього показника.

Крім того, на ефективність ведення технологічних процесів впливають важливі структурно-механічні властивості м'якого тіла прісноводних молюсків, до них відносяться: робота різання та напруга зрізу. Їх величини графічно відображено на рис. 3.23.

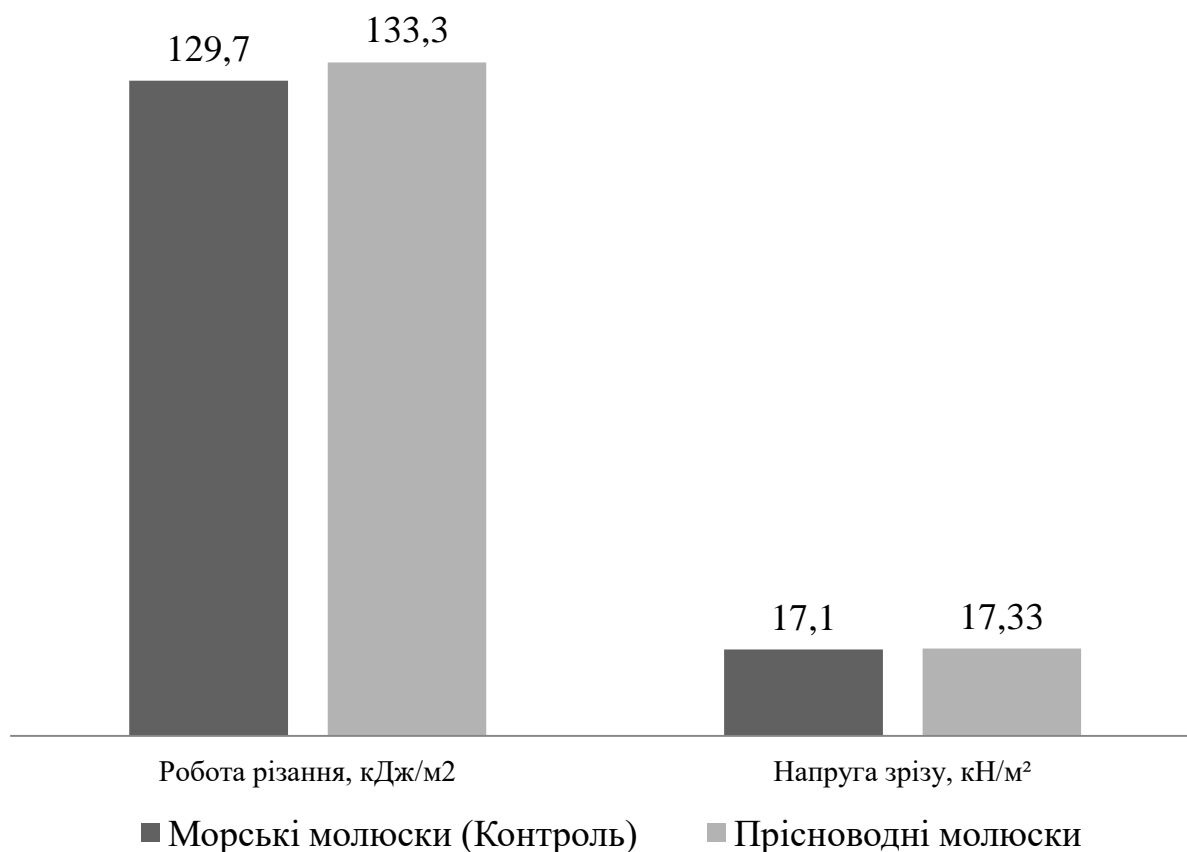


Рис. 3.23. Структурно-механічна характеристика м'якого тіла прісноводних молюсків

Важливими технологічними показниками гідробіонтів, є їхні структурні властивості: напруга зрізу та робота різання. Зміни стану мікроструктури волокон м'якого тіла прісноводних молюсків характеризує напруга зрізу. Як видно з рис. 3.22 значення цього показника у м'якому тілі дослідних та контрольних практично не відрізняється, що обґрунтовує підставу стверджувати про правильність обраного контролю.

Далі необхідно було дослідити показники мікробіологічної стабільності та безпеки м'якого тіла прісноводних молюсків. Дослідження показали, що БГКП; патогенні мікроорганізми в т.ч. бактерії роду *Salmonella*; *Staph. aureus*; плісняві гриби та дріжджі не ідентифіковані в 1г та 25 г м'якого тіла молюсків, а кількість МАФМ складає 1×10^2 в 1 г, що не перевищує допустимих рівнів. Досліджено мікробіологічні показники та результати токсикологічних досліджень м'якого тіла прісноводних молюсків та *Mytilus* (табл. 3.16).

**Порівняння мікробіологічних та токсикологічних показників
м'якого тіла молюсків**

(n=5, P≥0,95)

Найменування показників	Допустимі рівні	Фактичний вміст	
		Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски
Кількість МАФAM, КУО в 1 г, не більше	5×10^4	5×10^2	5×10^2
БГКП (коліформи), в 0,1 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Salmonella, в 25 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено
Staph. Aureus, в 1 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено
Плісневі гриби та дріжджі, КУО в 1 г, не більше	1×10^2	Не виявлено	Не виявлено
Токсичні елементи	Значення показників після 6 місяців зберігання		
	Допустимі рівні, мг/кг, не більше	Фактичний вміст, мг/кг, не більше	
		Морські молюски (Контроль)	Прісноводні молюски
свинець	0,50	0,09±0,01	0,07±0,01
кадмій	0,10	не виявлено	не виявлено
миш'як	0,20	0,02±0,001	0,04±0,001
ртуть	0,01	не виявлено	не виявлено
мідь	10,0	0,39±0,01	0,35±0,01
цинк	30,0	1,90±0,001	0,63±0,001
Радіонукліди, Бк/кг			
Cs ¹³⁷	не більше 150	2,5	
Sr ⁹⁰	не більше 50	0,03	

За мікробіологічними показниками м'яке тіло прісноводних молюсків та контрольних зразків відповідає вимогам чинних МБВ та СН № 5061 «Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів».

Результати токсикологічних досліджень м'якого тіла прісноводних молюсків наведено в табл. 3.16.

Проведені дослідження щодо визначення показників якості та безпечності м'якого тіла прісноводних молюсків покладено в основу ТУ У 10.2-3316908299-001:2014 «М'ясо беззубки варено-заморожене».

Стабільність надходження сировини необхідна умова визначення її перспективності. Промисловий потенціал сировини визначається можливістю організації промислового розведення вирощування.

Промислову технологію вирощування розроблено для прісноводних молюсків роду *Anodonta* для ресторанних господарств включає в себе наступні технологічні операції: розмноження у ставках, дорощування у річках та зберігання. Технологія дорощування прісноводних двостулкових молюсків роду *Anodonta* заснована на специфіці їх морфологічної будови та способу живлення.

Для визначення терміну дорощування, необхідно було дослідити значення середніх об'ємних показників у дорослих особин. Тому було відібрано по 50 зразків дослідних та контрольних зразків. Відбір проб здійснювався в тих же місцях та згідно методик, що й для фізико-хімічних досліджень. Під час технологічної операції дорощування прісноводних молюсків, відбувається переміщення молюсків з інкубаторів (середня довжина особин – 1 см) до водойм, для досягнення ними товарних розмірів (середніх об'ємних показників дорослих особин), тому основною задачею було їх визначення. Дослідження показали, що більшість особин ($\geq 90\%$) молюсків роду *Anodonta* мали довжину від 9 до 11 см, а молюсків роду *Mytilus* від 6,5 до 8 см. Ці показники довжини були зафіксовані як кінцеві (товарні розміри) для промислового вилову та розробки технологій вирощування. Для дослідження

часу дорощування було відібрано по 50 зразків молюсків роду *Anodonta* та *Mytilus*, середня довжина яких складала 1 см. Після цього проводилося вирощування в штучних умовах до досягнення довжини 9 і більше сантиметрів всією вибіркою, для молюсків роду *Anodonta*, та 6,5 і більше сантиметрів, для молюсків роду *Mytilus*. Вихідні дані та результати досліджень наведені на рис. 3.24.



Рис. 3.24. Результати досліджень дорощування прісноводних молюсків

Дані рис. 3.24 необхідні для розуміння співвідношення кількості білка в одній особині згідно часової складової. Оскільки термін вирощування контрольних зразків менший на 3% від дослідних, то було вирішено знехтувати цією різницею, рахуючи її як допустиму похибку досліджень. Така низька розбіжність також говорить про правильний вибір кінцевих об'ємних параметрів перед початком дорощування. Кількість зразків, що піддавалися морфологічному аналізу, складає 20 екземплярів кожного з двох видів

молюсків. Проведені дослідження середніх значень довжини та маси окремих частин тіла контрольних та дослідних зразків представлені на рис. 3.25.

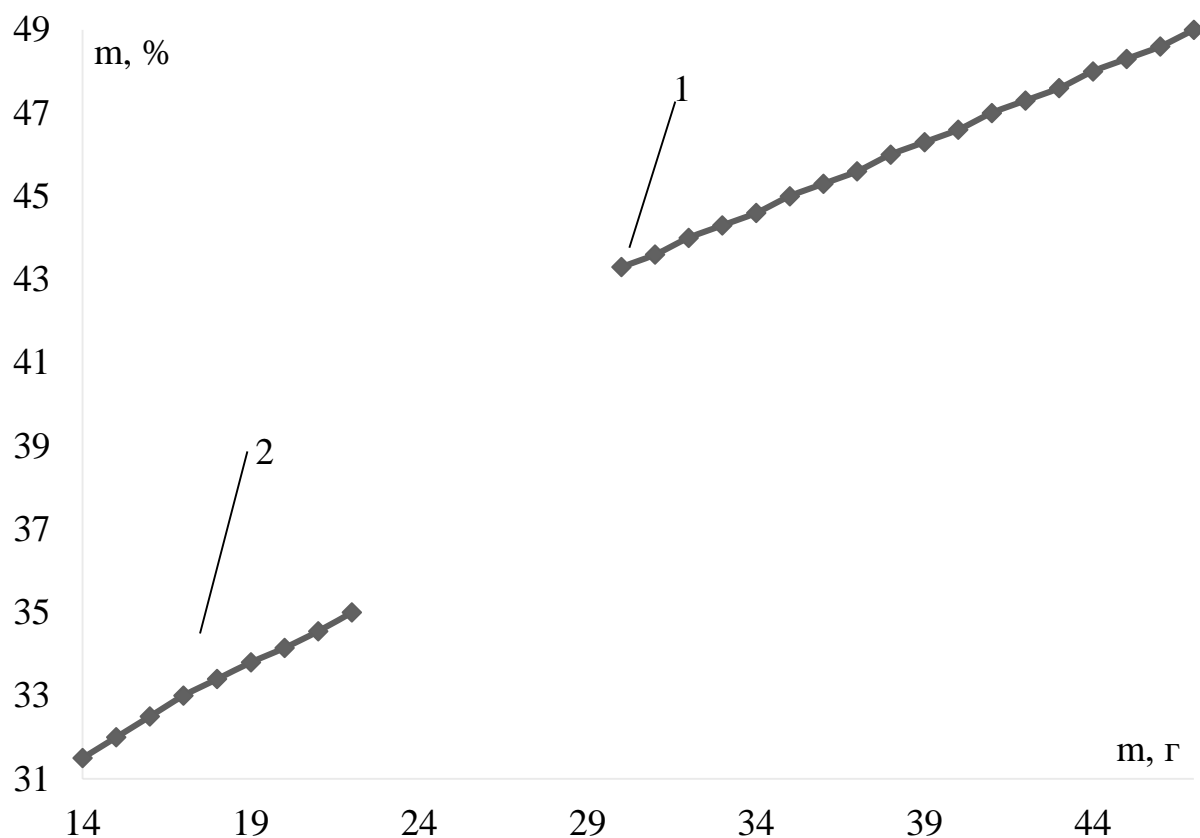


Рис. 3.25. Розмірно-масовий склад молюсків, 1 – прісноводні молюски, 2 – морські молюски (контроль)

Проаналізовано вміст м'якого тіла в одній особині згідно зафіксованих параметрів дорощування з рис. 3.25 та долю м'якого тіла від загальної маси молюсків без внутрішньостулкової рідини.

Застосування прісноводних гідробіонтів для виготовлення з них напівфабрикатів дає можливість розширити асортимент та отримати продукти високої харчової та біологічної цінності.

Далі представлено дослідження показників якості і безпечності м'якого тіла прісноводних молюсків під час гідромеханічної обробки. Практичні експерименти показали, що після вилову живі прісноводні молюски мали річковий присмак і характерний річковий запах. Для усунення цього сировинного дефекту прісноводні молюски промивали прісною проточною водою з витримуванням. Метою операції промивання з витримуванням було

видалення неїстівних частин і неперетравлених решток з кишківника. Витримка відбувалась у спеціальних ваннах, а самі молюски знаходилися у ґратчастих ящиках (висота шару насипу молюсків 20...25 см) протягом 5 год.

Під час витримування і промивання досліджувались мікробіологічні показники прісноводних молюсків. Отримані дані показали, що БГКП (коліформи), а також умовно-патогенна і патогенна мікрофлора у м'якому тілі прісноводних молюсків знаходяться в межах допустимих значень. М'яке тіло прісноводних молюсків після 5-ти годинної гідромеханічної обробки, відповідало санітарно-гігієнічним вимогам стандартів (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Мікробіологічні показники м'якого тіла прісноводних молюсків в процесі витримування

(n=5, P≥0,95)

Найменування показників	Допустимі рівні	Термін витримування, год	
		Свіжовилонений	5
Кількість МАФАМ, КУО в 1 г, не більше	5×10^4	5×10^2	5×10^2
Бактерії групи кишкової палички (коліформи), в 0,1 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Salmonella, в 25 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено
Staph. Aureus, в 1 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено
Плісеневі гриби та дріжджі, КУО в 1 г, не більше	1×10^2	Не виявлено	Не виявлено

На підставі мікробіологічних показників встановлено, що протягом 5-ти годинного витримування вдалося досягти повного очищення кишківника

прісноводних молюсків від неперетравлених решток у 99% досліджуваних зразків.

Розроблено нормативну технічну документацію на напівфабрикат з молюска прісноводного ТУУ 10.2-3316908299-001:2014 «М'ясо беззубки варено-заморожене», в основу, якого покладено отримані практичні дані.

Теплова обробка молюска один з етапів виготовлення напівфабрикату. Дослідження технології напівфабрикату полягає у підтвердженні раціонального часу теплової обробки за допомогою математичного моделювання, а саме використання регресії ортогонального центрально-композиційного плану. Планування експерименту полягало в оптимізації чотирьох факторів: вміст вологи, ступінь пенетрації та значення структурно-механічних показників та показників органолептичних досліджень. Побудована функція відгуку. Для проведення оптимізації функція відгуку формується у вигляді повного квадратного поліному ($n=4$). Параметром оптимізації є оптимальний час теплової обробки напівфабрикату при наближених максимальних значеннях зміни значень органолептики, хімічного складу та структурно-механічних показників.

Для досягнення поставленої мети виконувались наступні завдання:

- розробка ортогональний центрально-композиційний план при чотирьох (n) факторах оптимізації часу теплової обробки;
- оцінка органолептичних властивостей кожної паралелі в ході експерименту;
- представити отримані результати у вигляді 3D моделі.

Було визначено, що органолептичну оцінку якості готового продукту здійснюватимуть аналітичними методами. Основа даного композиційного плану в тому, що поняття одного з показників органолептики було представлено у вигляді сукупності складових (дескрипторів). Після побудови центрального композиційного плану, проводиться заміна коефіцієнтів у формулі 1 на визначені у дослідженнях, що дає можливість визначення оптимального часу варіння напівфабрикату.

В центральному композиційному плані кожний фактор фіксується на п'яти рівнях, що наведено в табл. 3.18.

Таблиця 3.18

Фактори оптимізації теплової обробки напівфабрикату з молюска прісноводного та рівні їх фіксації

Фактори, що впливають на оптимізацію		Рівні фіксації факторів та їх величини				
		-1,414	-1	0	1	1,414
x1	Напруга зрізу, кПа	9,1	14,7	17,3	20	25,5
x2	Робота різання, кДж	132,2	126,6	133,3	140	134,4
x3	Пенетрація, кПа	3,4	8,6	10,3	12	24
x4	Вміст вологи, %	78,1	74,8	79,9	85	81,7

Коефіцієнти регресійної моделі наведено в табл. 3.9

$$Y=14,34+1,05x_1+0,28x_2+0,41x_3+0,22x_4+0,11x_1x_2+0,04x_1x_3-0,08x_1x_4+0,03x_2x_3-0,08x_1x_2x_3-0,01x_1x_2x_4-0,01x_2x_3x_4+0,03x_1x_2x_3x_4-0,07x_2^2+0,08x_3^2-0,09x_4^2 \quad (3.19)$$

Регресійна модель має сенс в межах:

Таблиця 3.19

b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁₂	b ₁₃	b ₁₄	b ₂₃	b ₂₄	b ₃₄	b ₁₂₃	b ₁₂₄	b ₂₃₄	b ₁₂₃₄	b ₁₁
14,34	1,05	0,28	0,41	0,22	0,11	0,04	0,08	0,03	0,08	0,01	0,01	0,03	0,07	0,08	0,09

Для визначення оптимального часу варіння було побудовано 3D модель, що наведена на рис. 3.26. Після досконалого аналізу розрахованих даних, можна стверджувати, що оптимальним часом теплової обробки визначено 11 зразок.

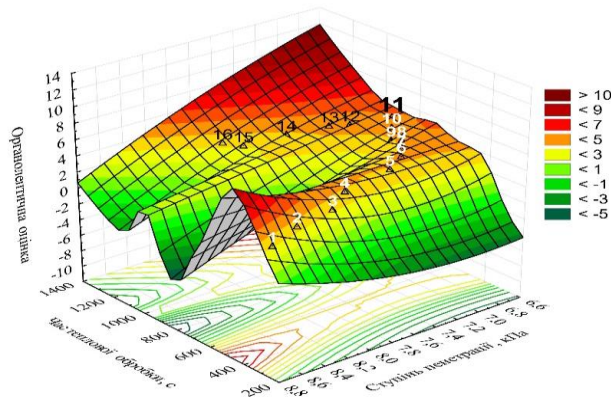


Рис. 3.26. 3D модель оптимального часу теплової обробки напівфабрикату з молюска прісноводного

Після дослідження отриманих даних оптимальним часом теплової обробки визначено (15 ± 1) хвилин, при якому значення структурно-механічних показників та вологи найбільш близькі до оптимального при органолептичній оцінці 14,25.

Вивчали зміни м'якого тіла прісноводних молюсків під час теплової обробки. Проводили визначення органолептичних показників з метою послідуочого удосконалення технології кулінарної продукції з використанням напівфабрикату з молюска прісноводного. В якості контролю використовували напівфабрикат з морських молюсків – мідій (далі – напівфабрикату з морських молюсків).

Дослідження розпочато з оцінки напівфабрикату з молюска прісноводного за показниками органолептики (зовнішній вигляд, смак, запах, колір, консистенція). Проведена дегустаційна оцінка та візуальний огляд напівфабрикату з молюска прісноводного за сукупністю органолептичних показників. Доведено, що всі дослідні зразки напівфабрикату з молюска прісноводного отримали високу оцінку. Результати органолептичної оцінки представлено у табл. 3.20.

Таблиця 3.20

Органолептична оцінка напівфабрикату з молюска прісноводного

(n=5, P≥0,95)

Найменування показника	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка в балах	
				Н/ф з молюска морського (Контроль)	Н/ф з молюска пріснов.
Зовнішній вигляд	1	0,5	Відповідність формі натурального молюска прісноводного (морського)	5,0	5,0
	2	0,2	Гладкість поверхні	4,9	4,9
	3	0,1	Наявність розривів на поверхні	4,5	4,8
	4	0,2	Відповідність забарвлення натуральному	4,3	4,5
Сумарна оцінка				4,675	4,86
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,935	0,972
Консистенція	1	0,2	Пружна	4,6	4,5
	2	0,3	Еластична	4,7	4,7
	3	0,3	Однорідна	5,0	5,0
	4	0,2	Ніжна	4,7	4,9
Сумарна оцінка				4,75	4,81
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,425	1,443
Колір на розрізі	1	0,2	Натуральний	4,7	4,7
	2	0,4	Однорідний для окремих частин	5,0	5,0

Продовження таблиці 3.20

	3	0,2	Нога – світло-жовтий (для прісноводних молюсків); прилегла частина – кремений	4,9	4,9
	4	0,2	Рівномірне забарвлення частин	4,9	4,8
Сумарна оцінка				4,9	4,88
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,49	0,488
Запах	1	0,2	Притаманний даному продукту	4,7	5,0
	2	0,3	Натуральний	4,9	5,0
	3	0,3	Виразний	5,0	5,0
	4	0,2	Відсутність сторонніх запахів	4,7	4,7
Сумарна оцінка				4,825	4,945
Коефіцієнт вагомості показника				0,1	0,1
Підсумкова оцінка за показником				0,483	0,494
Смак	1	0,2	Натуральний	5,0	5,0
	2	0,3	Чистий	4,7	4,9
	3	0,3	Відсутність присмаку	5,0	5,0
	4	0,2	Чіткий, виразний	4,5	4,9
Сумарна оцінка				4,8	4,95
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,44	1,485
Загалом				4,77	4,882

Органолептична оцінка представлена у вигляді профілограм для кожного зразка. Вісі на діаграмах відповідають окремим дескрипторам, а значення кожної із складових сенсорної оцінки відмічено відповідною оцінкою за п'ятибальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості окремих дескрипторів. (рис. 3.27).

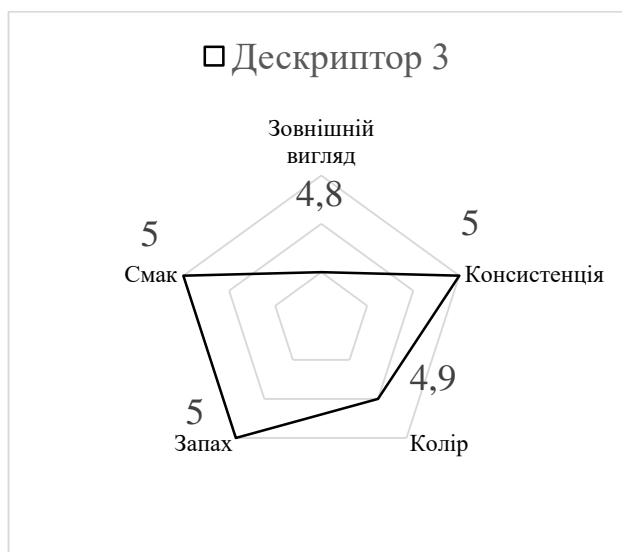
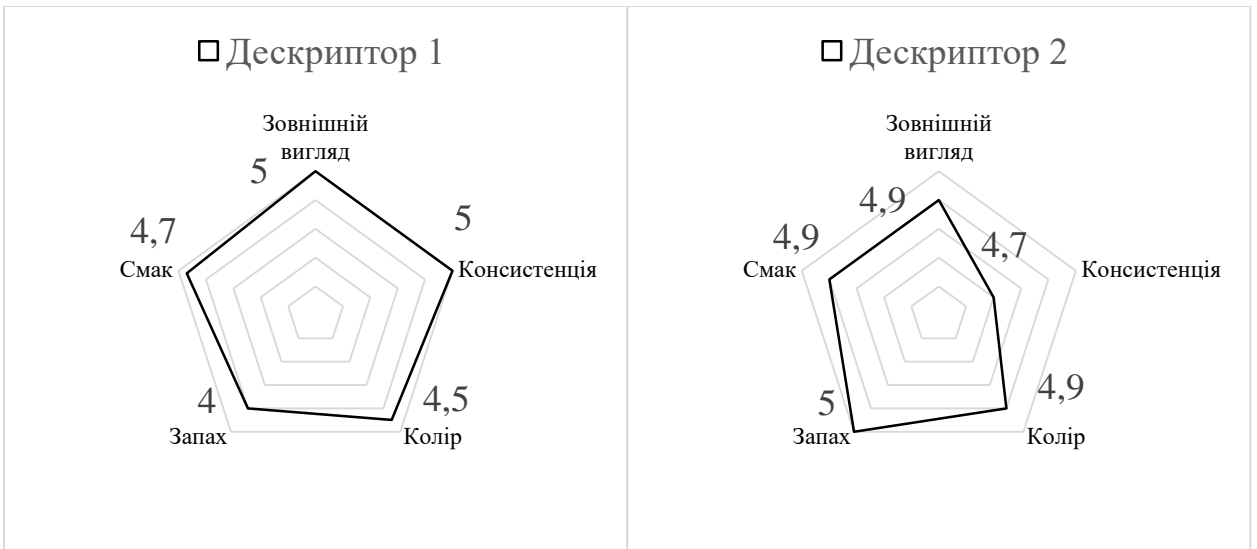


Рис. 3.27. Профілі органолептичної оцінки напівфабрикату з молюска прісноводного

Аналізуючи дані табл. 3.20 та рис. 3.27, слід зазначити, що консистенцію дослідних зразків напівфабрикату з молюска прісноводного можна визначити

як пружну, еластичну, зокрема, однорідну та ніжну. Загальний бал за показником соковитість та консистенція у всіх дослідних зразків напівфабрикату вище ніж у контрольних зразків. Характеристика показника зовнішнього вигляду наближається до натурального вигляду м'якого тіла свіжого прісноводного молюска (оцінка 5,0 балів), поверхня гладка, цілісна (оцінка 4,9 та 4,8 бали відповідно) з аналогічним натуральному забарвленню (4,5 балів). Колір, запах та смак напівфабрикату з молюска прісноводного визначені як натуральні, притаманні даному виду продукту.

На підставі узагальнення проведених досліджень охарактеризовано органолептичні показники напівфабрикату з молюска прісноводного, які наведено в табл. 3.21.

Таблиця 3.21

Визначення органолептичних показників якості напівфабрикату з молюска прісноводного

Органолептичні показники	Характеристика	
	Напівфабрикат з молюска морського (Контроль)	Напівфабрикат з молюска прісноводного
1	2	3
Зовнішній вигляд	Відповідність формі натурального молюска морського, характерне для натурального забарвлення	Відповідність формі натурального молюска прісноводного, характерне для натурального забарвлення
Колір на розрізі	Натуральний, мантія – світло-кремовий; прилегла частина-жовтий, одноманітне забарвлення частин	Натуральний, нога світло-кремовий; прилегла частина – світло-сірий, одноманітне забарвлення частин
Смак	Натуральний, чистий, відсутність присмаку, виразний	Натуральний, чистий, відсутність присмаку, виразний
Запах	Чистий, відсутність сторонніх запахів	Чистий, відсутність сторонніх запахів
Консистенція	Пружна, еластична, однорідна, ніжна	Пружна, еластична, однорідна, ніжна

Для детального порівняння показників органолептики напівфабрикату з молюска прісноводного і контрольних зразків використовувалась характеристика співставлення консистенції і ступеня penetрації (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

Співставлення характеристики консистенції і ступеня penetрації напівфабрикату з молюска прісноводного

Консистенція	Ступінь penetрації, кПа
Щільна, жорстка	11
Присутня деформацію, щільна	9,5
Добре стискається зубами, пластична	8
М'яка, але при жуванні гомогенної маси не утворюються	6...5
М'яка, добре розкушується, при жуванні утворює однорідну масу	5 и нижче

Показники характеристики консистенції напівфабрикату свідчить про те, що перед початком теплової обробки вона була пружна і жорстка. При цьому, ступінь penetрації для напівфабрикату з молюска прісноводного склав 10,3 кПа, а для контрольного зразку – 9,9 кПа. Подальша тепла обробка напівфабрикатів призведе до істотних структурно-механічних змін. В технології напівфабрикату з молюска прісноводного було обрано застосовувати основний спосіб теплової обробки. Результати досліджень особливостей змін напівфабрикату з молюска прісноводного під впливом теплової обробки в залежності від її терміну представлені на рис. 3.28.

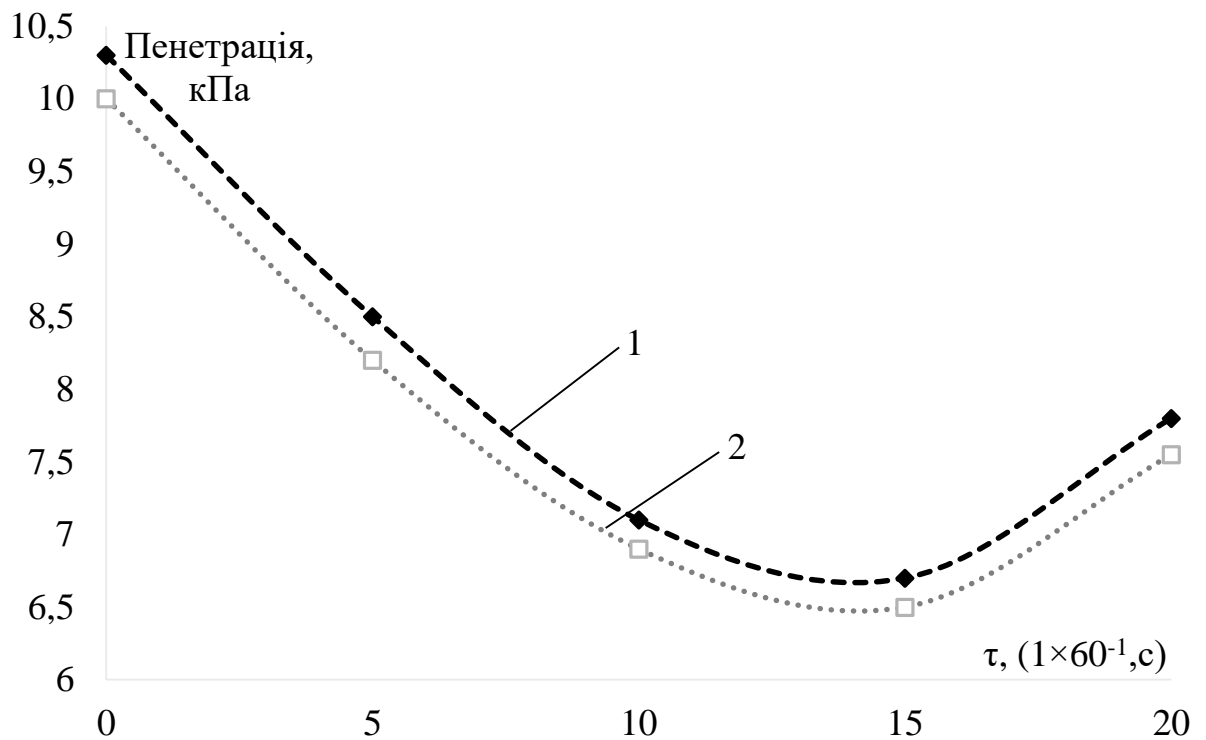


Рис. 3.28. Зміни ступеня penetрації напівфабрикату з молюска прісноводного в процесі теплової обробки, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Визначали ступінь penetрації при різних проміжках часу. Величина ступеня penetрації зменшилась на 1,6 кПа через 5 хвилин та на 2,3 кПа через 10 хвилин. Найбільш високі показники консистенції напівфабрикату з молюска прісноводного досягла найбільш високої характеристики через (15 ± 1) хвилин теплової обробки ($t=99\text{ }^\circ\text{C}$) і склала 6,5 кПа.

Досліджено основні структурно-механічні показники м'якого тіла молюсків (рис. 3.29 та рис. 3.30).

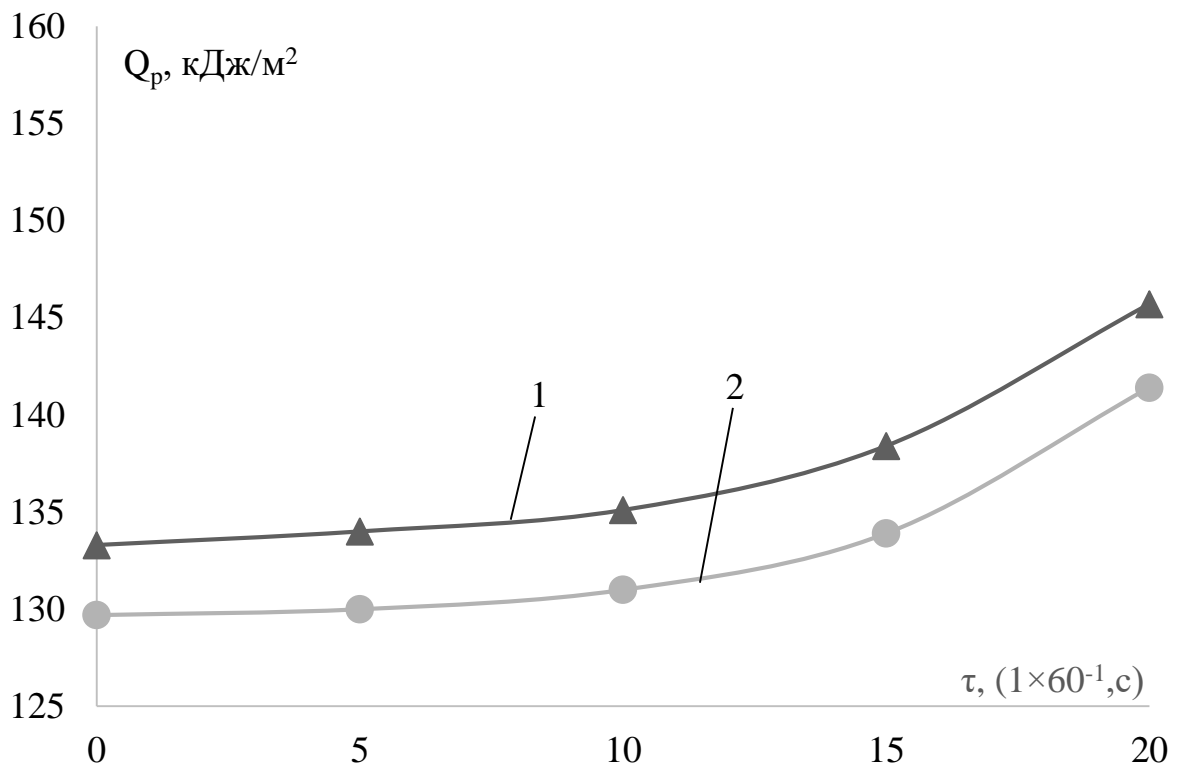


Рис. 3.29. Робота різання напівфабрикату з молюска прісноводного під час теплової обробки, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Під час всього періоду теплової обробки відбувалося ущільнення консистенції напівфабрикату, що також суттєво пов'язано з денатурацією білків м'якого тіла та розпадом сполучної тканини у період гідротермічного оброблення. Отримані дані свідчать, що у часовому проміжку від 10 хвилин до 15 хвилин термічної обробки значних і нехарактерних змін консистенції напівфабрикату не відбувається. Одним з найсуттєвіших показників, що характеризує мікроструктуру волокон є напруга зрізу напівфабрикату.

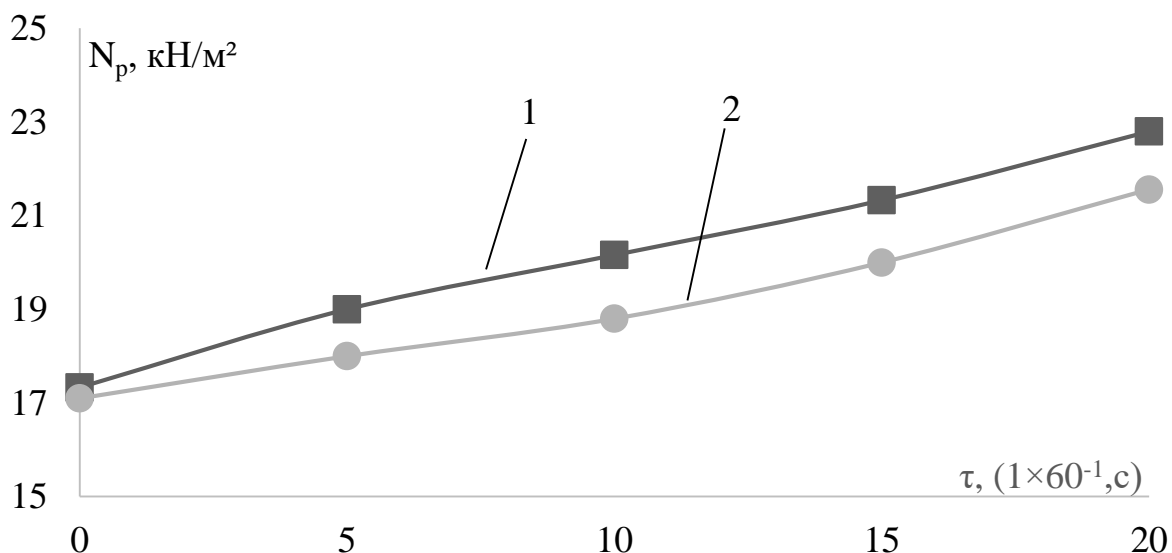


Рис. 3.30. Напряга зрізу напівфабрикату з молюска прісноводного під час теплової обробки, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Одержано результати по визначенню втрат маси напівфабрикату з молюска прісноводного під час теплової обробки, що передбачена технологічним процесом виготовлення напівфабрикату. Визначено основні показники втрати маси у різних часових проміжках термічної обробки. Отримані дані наведені на рис. 3.31.

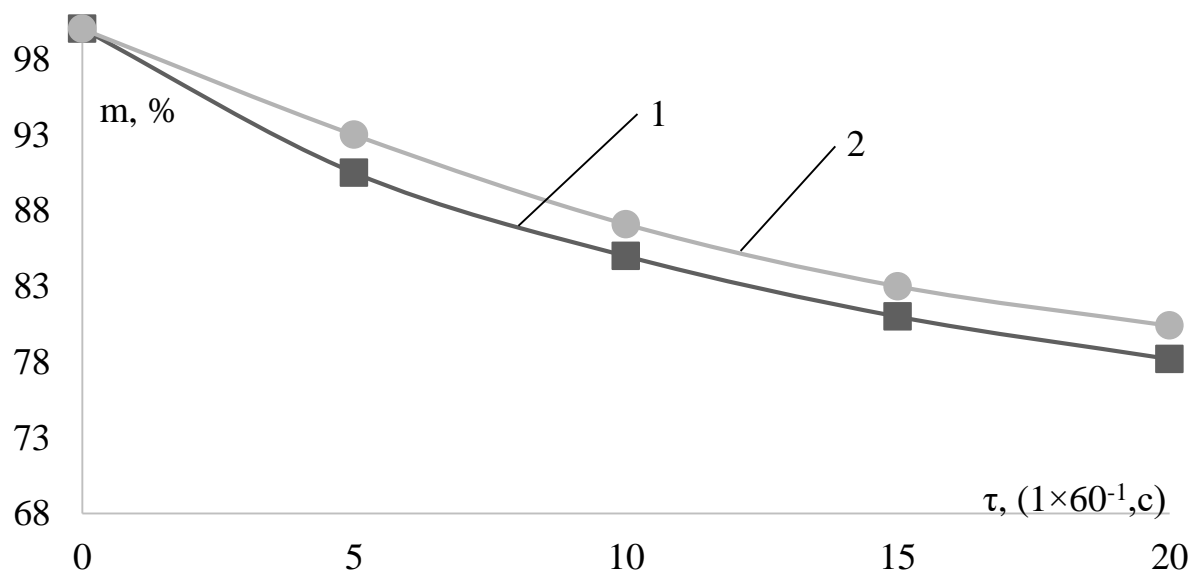


Рис. 3.31. Маса напівфабрикату з молюска прісноводного під час теплової обробки, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Варіння напівфабрикату впродовж 15 хвилин призведе до втрати маси для молюска прісноводного на 14,4%, контрольних зразків – 13,5%. Показник масової частки вологи в зразках показав різницю в ступені зневоднення під час варіння. Динаміка масової частки вологи та білка при термічній обробці нерозривно пов'язані зі зміною маси вихідної сировини (рис. 3.32 та рис. 3.33).

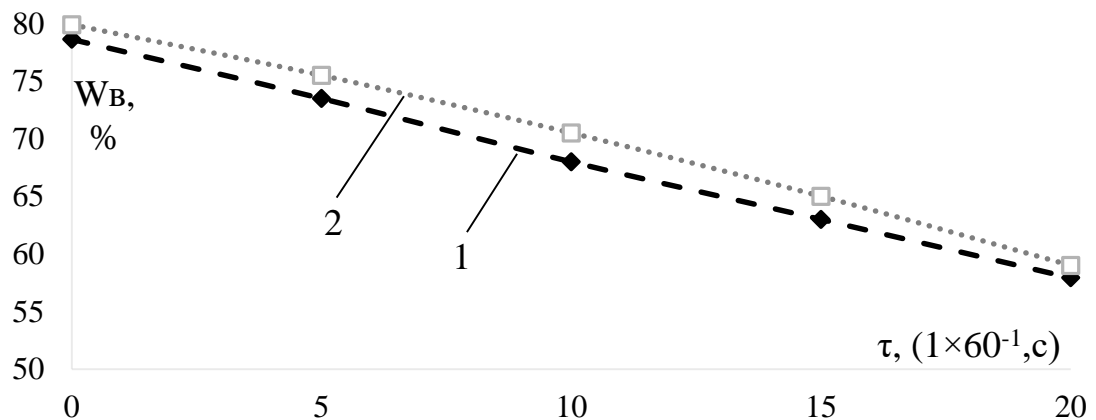


Рис. 3.32. Зміна вмісту вологи у напівфабрикаті з молюска прісноводного під час теплової обробки, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль). Теплова обробка напівфабрикату протягом 20 хвилин призвела до втрати вологи для молюска прісноводного на 35%, контрольного зразку – 32%.

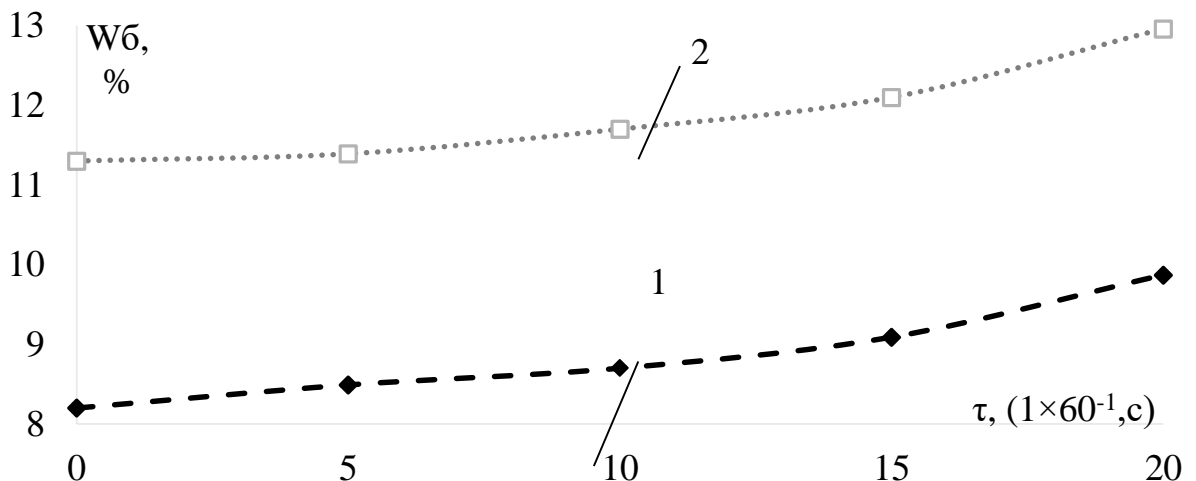


Рис. 3.33. Відносний вміст білка у напівфабрикаті з молюска прісноводного під час теплової обробки (варіння), 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Дані рис. 3.33 показують, що після 15 хвилин теплової обробки кількість білка у напівфабрикаті з молюска прісноводного збільшилася на 13%. Через 15 хвилин варіння вміст білка майже не відрізнявся від початкових значень для дослідного та контрольних зразків.

Доведено, що стану кулінарної готовності напівфабрикат з молюска прісноводного набуває через (15 ± 1) хвилин після початку теплової обробки.

На підставі підтверджених експериментами отриманих даних було обрано оптимальний час теплової обробки для напівфабрикату з молюска прісноводного, що становив (15 ± 1) хвилин.

Зміни якісних показників напівфабрикату з молюска прісноводного у часі необхідно визначити для обґрунтування умов та термінів його зберігання.

Проведено дослідження хімічного складу напівфабрикату та оцінки його біологічної цінності, хімічний склад напівфабрикату наведений у табл. 3.23.

Таблиця 3.23

Хімічний склад напівфабрикату

($n=5, P \geq 0,95$)

Масова частка	Напівфабрикат з молюска морського (Контроль)	Напівфабрикат з молюска прісноводного
вологи, %	66,9	67,4
золи, %	13,9	13,3
жиру сирого, %	0,9	1,2
загального протеїну, %	12,1	9,9
клітковини сирогої, %	0,1	0,2
безазотистих екстрактивних речовин, %	6,1	9,0

Дані табл. 3.23 показують, що напівфабрикат у порівнянні з контрольними зразками характеризується високою харчовою цінністю.

Дослідження зміни органолептичних показників напівфабрикату з молюска прісноводного. Зміна органолептичних показників якості напівфабрикату досліджували до і після 6-ти місяців зберігання. Отриману

сукупність характеристик по кожному з органолептичних показників напівфабрикату наведено у табл. 3.24.

Таблиця 3.24

Органолептичні показники напівфабрикату під час зберігання

Органолептичні показники	Терміни зберігання, місяці			
	Контроль (Напівфабрикат з моллюска морського)		Напівфабрикат з моллюска прісноводного	
	Свіжовигот.	6 місяців	Свіжовигот.	6 місяців
Зовнішній вигляд	Відповід. формі натурального моллюска морського, відпов. забарвлення натуральному	Відповід. формі натурального моллюска морського, відпов. забарвлення натуральному	Відповід. формі натурального моллюска прісноводного, відпов. забарвлення натуральному	Відповід. формі натур. моллюска прісноводного, відпов. забарвлення натуральному
Колір на розрізі	Натуральний, мантия – кремовий, світло-оранжевий, рівномірне забарвлення частин	Натуральний, мантия – кремовий, світло-оранжевий, рівномірне забарвлення частин	Натуральний, нога – світло-жовтий; прилегла частина – кремовий, рівномірне забарвлення частин	Натур., нога – світло-жовтий; прилегла частина – кремовий, рівномірне забарвлення частин
Смак	Натуральний, чистий, чіткий, виразний з незначним морським присмаком	Натуральний, чистий, чіткий, виразний з незначним морським присмаком	Натуральний, чистий, відсутність присмаку, чіткий, виразний	Натур., чистий, відсутність присмаку, чіткий, виразний
Запах	Натуральний, виразний, відсутність сторонніх запахів	Натуральний, виразний, відсутність сторонніх запахів	Натуральний, виразний, відсутність сторонніх запахів	Натуральний, виразний, відсутність сторонніх запахів
Консистенція	Пружна, еластична, однорідна, ніжна	Частково втрачений тургор, еластична, однорідна, ніжна	Пружна, еластична, однорідна, ніжна	Частково втрачений тургор, еластична, однорідна, ніжна

Зразки напівфабрикату з молюска прісноводного зберігалися протягом 6-ти місяців. Можна зазначити, що вплив зберігання на показники органолептики під час зберігання обох напівфабрикатів незначно відрізняються від початкових.

Органолептична характеристика напівфабрикату з прісноводних молюсків показала, що зовнішній вигляд і консистенція напівфабрикату з молюска прісноводного під час зберігання не змінюється.

Далі необхідно було визначити зміни вмісту білка та вологи у напівфабрикаті з молюска прісноводного в процесі зберігання. Для максимального збереження білка у напівфабрикаті необхідно оптимізувати параметри технологічного процесу. Тому дослідження проводилися під час теплової обробки, а також до зберігання та у період зберігання, що склав 6 місяців (табл. 3.25).

Таблиця 3.25

**Вміст вологи, основних поживних та мінеральних речовин
напівфабрикату в процесі зберігання**

(n=5, P≥0,95)

Термін зберігання, місяців	Втрати вологи, %	Зміна кількості білка до загальної маси н/ф, %	Показник зниження загальної маси, %	Зміна кількості ліпідів до загальної маси н/ф, %	Зміна кількості мін. реч. до загальної маси н/ф, %
Напівфабрикат з молюска прісноводного					
6 місяців	11,275%	+7,6%	7,6%	+7,9%	+7,2%
Напівфабрикат з молюска морського (Контроль)					
6 місяців	10,1	+6,4%	6,4%	+6,7%	+7,0%

Після заморожування і зберігання напівфабрикатів відбувалася зміна масової частки вологи, а кількість білка не змінювалась.

Після проведення всіх технологічних операцій до зберігання масова частка вологи в зразках напівфабрикату склала 67,4%, білка – 6,3%.

Після 6-ти місяців зберігання кількість золи у напівфабрикаті збільшилась - 7,9%, а у контрольних зразках - 6,7%.

Важливими фізичними величинами для характеристики стану напівфабрикату з молюска прісноводного є ВУЗ і втрати маси під час процесу зберігання. У процесі зберігання напівфабрикату простежувалося зменшення ВУЗ (рис. 3.34).

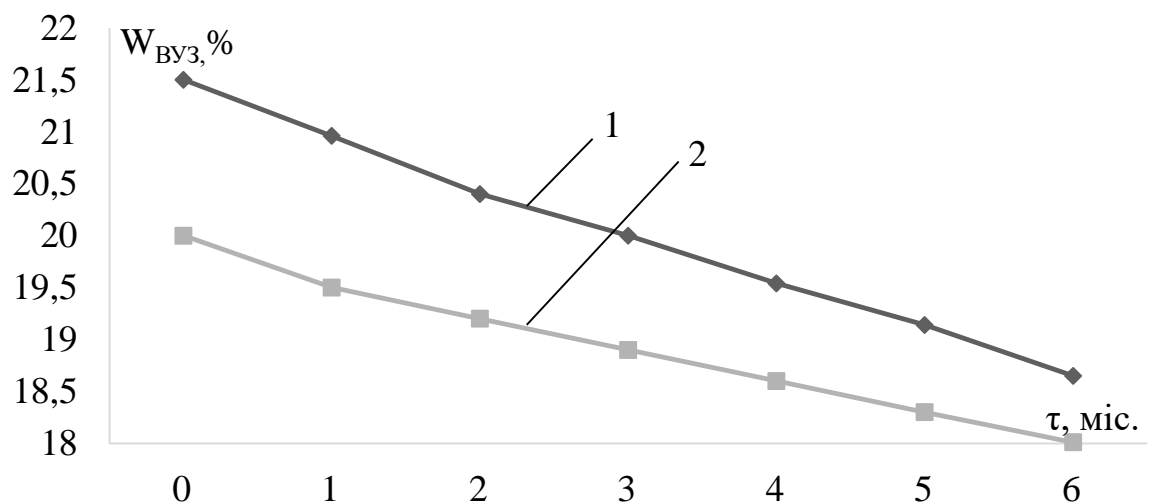


Рис. 3.34. ВУЗ напівфабрикату під час зберігання, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Результати приведені на рис. 3.34. свідчать про зниження ВУЗ під час зберігання. Характеристики структурита консистенції є одними із найважливіших показників якості напівфабрикатів із гідробіонтів. Показники роботи різання та напруги зрізу напівфабрикату з молюска прісноводного в процесі зберігання представлені на рис. 3.35, рис. 3.36.

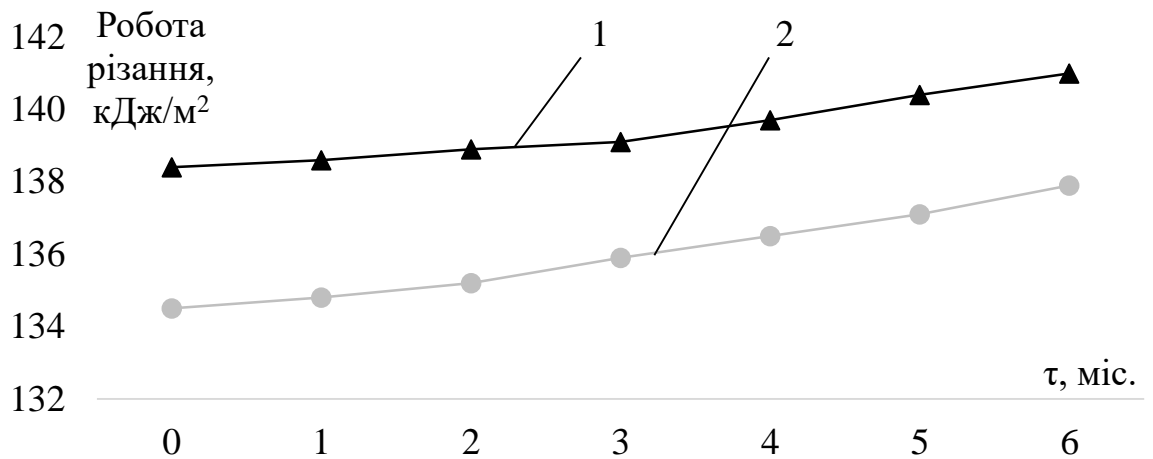


Рис. 3.35. Вплив зберігання на показники роботи різання напівфабрикату під час зберігання, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

Напруга зрізу та робота різання у напівфабрикаті та контрольних зразках до зберігання і протягом наступних 6-ти місяців зберігання зростає.

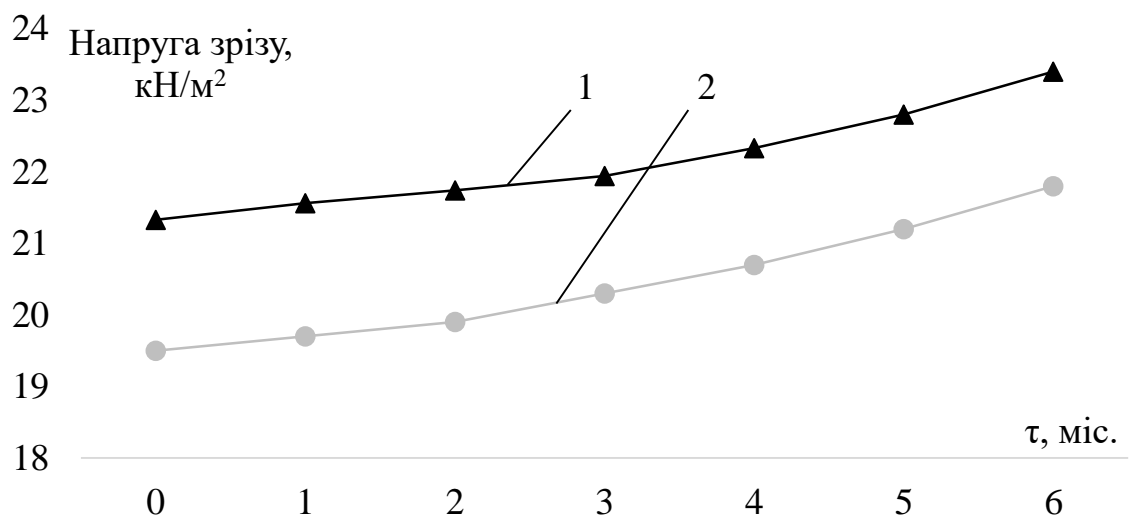


Рис. 3.36. Вплив зберігання на напруги зрізу напівфабрикату під час зберігання, 1 – напівфабрикат з молюска прісноводного, 2 – напівфабрикат з молюска морського (контроль)

З огляду на те, що напівфабрикат з молюска прісноводного реалізовуватиметься, як у свіжому так і замороженому стані важливо було встановити терміни зберігання для обох станів.

При заморожуванні та зберіганні кількість життєздатних мікробних клітин хоча і зменшується, повного відмирання мікроорганізмів в заморожених продуктах не спостерігається. Мікробіологічні показники свіжовиготовленого напівфабрикату в процесі зберігання показали, що БГКП (коліформи), а також умовно-патогенна і патогенна мікрофлора не виявлені. Дослідження мікробіологічних показників свіжовиготовленого напівфабрикату виявило, після 12 годин зберігання за температури 2...4 °С він відповідав гігієнічним і санітарно-епідеміологічним вимогам стандартів для рибної продукції (табл. 3.26). Концентрація токсичних елементів у напівфабрикаті та контрольних зразках після 12-ти годин зберігання залишалися на тому ж рівні, що і до зберігання (табл. 3.17).

Таблиця 3.26

Мікробіологічні показники свіжовиготовленого напівфабрикату в процесі зберігання

(n=5, P≥0,95)

Найменування показників	Вид напівфабрикату	Допустимі рівні	Термін зберігання, години		
			Свіжовигот.	6	12
Кількість МАФАМ, КУО в 1 г, не більше	Н/ф з моллюска морського (Контроль)	5×10 ⁴	5×10 ²	5×10 ²	5×10 ²
	Н/ф з моллюска прісновод.				
БГКП (коліформи), в 0,1 г	Н/ф з моллюска морського (Контроль)	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено.
	Н/ф з моллюска прісновод.				
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Salmonella, в 25 г	Н/ф з моллюска морського (Контроль)	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
	Н/ф з моллюска прісновод.				
Staph. Aureus, в 1 г	Н/ф з моллюска морського (Контроль)	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
	Н/ф з моллюска прісновод.				
Плісєневі гриби та дріжджі, КУО в 1 г, не більше	Н/ф з моллюска морського (Контроль)	1×10 ²	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
	Н/ф з моллюска прісновод.				

В табл. 3.27 представлено результати токсикологічних та радіологічних досліджень проте, що свіжовиготовлений напівфабрикат задовольняє вимогам нормативної документації, фактичний вміст яких суттєво нижче ніж ГДК.

На підставі визначення показників безпеки та якості напівфабрикату його можна реалізовувати у свіжовиготовленому вигляді 12 год за температури 2...4 °С.

Визначення мікробіологічних показників замороженого напівфабрикату в процесі зберігання показало, що БГКП (коліформи), а також умовно-патогенна і патогенна мікрофлора знаходяться в межах ГДК (табл. 3.27). Особливу увагу приділяють показникам, що характеризують наявність у харчових продуктах токсичних елементів та радіонуклідів (табл. 3.27).

Таблиця 3.27

Токсикологічні показники напівфабрикату в процесі зберігання

(n=5, P≥0,95)

Токсичні елементи	Значення показників після 6 місяців зберігання	
	Допустимі рівні, мг/кг, не більше	Фактичний вміст, мг/кг, не більше
свинець	0,50	0,07±0,01
кадмій	0,10	не виявлено
миш'як	0,20	0,04±0,001
ртуть	0,01	не виявлено
мідь	10,0	0,24±0,001
цинк	30,0	1,52±0,002
Радіонукліди, Бк/кг		
Cs ¹³⁷	не більше 150	2,5
Sr ⁹⁰	не більше 50	0,03

Згідно табл. 3.27, результати токсикологічних та радіологічних досліджень свідчать, що заморожений напівфабрикат задовольняє вимогам нормативної документації.

Визначення кислотного числа жиру напівфабрикату, який досліджувався в процесі зберігання, представлено на рис. 3.37.

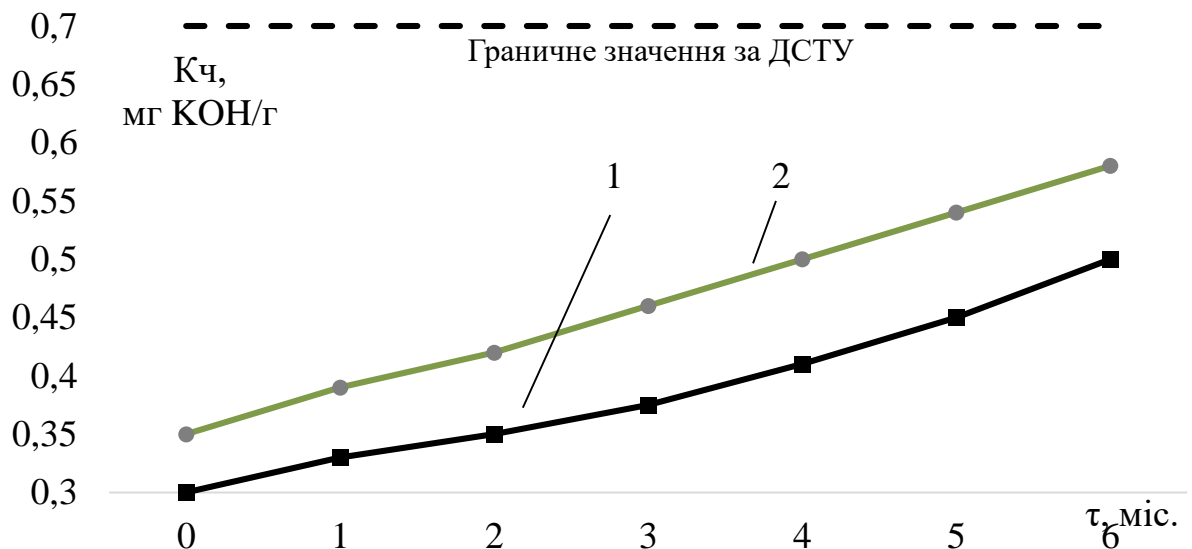


Рис. 3.37. Кислотне число жиру напівфабрикату при зберіганні, 1 – Кислотне число прісноводні молюски, 2 – Кислотне число морські молюски (контроль)

Кислотне число жиру напівфабрикату з молюска прісноводного має майже однакові значення протягом перших 3-х місяців зберігання. Відзначається тенденція до збільшення від 3-х до 6-ти місяців зберігання.

Результати експериментальних даних з визначення пероксидного числа ліпідів напівфабрикату під час зберігання, представлено на рис. 3.38.

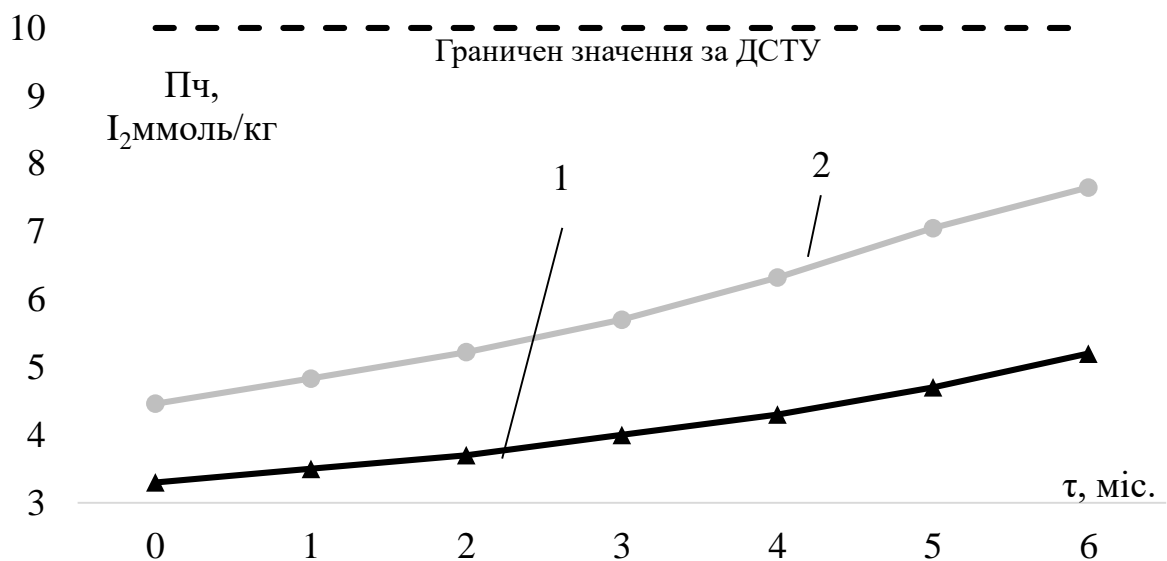


Рис. 3.38. Пероксидне число ліпідів напівфабрикату при зберіганні, 1 – Пероксидне число прісноводні молюски, 2 – Пероксидне число морські молюски (контроль)

Збільшення пероксидного числа ліпідів говорить про перебіг процесів окиснення. Збільшення кислотності напівфабрикату в процесі зберігання свідчить про те, що йде накопичення органічних кислот.

Йодне число дозволяє судити про ступінь насиченості жирних кислот. Число є важливим хімічним показником якості ліпідів. За його величиною можна констатувати, що у складі жирів напівфабрикату переважають ПНЖК. Показник йодного числа у напівфабрикаті склав 52 г I₂/100 г жиру, в морських – 53,2 г I₂/100 г жиру. Якісні показники жирів напівфабрикату протягом 6-ти місяців зберігання за температури мінус 18 °С змінюються у припустимих межах. Кислотне та пероксидне числа знаходяться у межах відповідним чинним нормативам.

На підставі показників безпеки та якості напівфабрикату його можна реалізовувати як у свіжовиготовленому вигляді за температури 2...4 °С протягом 12 год, а також заморожувати і зберігати за температури мінус 18 °С протягом 6 місяців.

Якість та безпечність напівфабрикату з молюска прісноводного дозволяє зробити висновок, що він може бути рекомендований для виробництва кулінарної продукції.

Наукове обґрунтування технологічного процесу виробництва напівфабрикату з молюска прісноводного та напрямки його використання у складі кулінарної продукції

Технологія напівфабрикату складається з етапів: витримування у проточній воді свіжовилоненої сировини, лущення, відділення м'якого тіла, теплова обробка, остигання, фасування, заморожування та зберігання.

Технологічну схему напівфабрикату представлено як цілісну систему в межах, якої виділено підсистеми А, В, С. Структуру технологічної системи та мету функціонування її підсистем наведено в табл. 3.28.

Структура технологічної системи

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
А	Одержання напівфабрикату варено-замороженого з молюска прісноводного	Одержання напівфабрикату з заданими фізико-хімічними, структурно-механічними властивостями, показниками якості за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей м'якого тіла прісноводних молюсків
В	Отримання м'якого тіла прісноводних молюсків	Луцнення стулок, відділення неїстівних частин та отримання м'якого тіла прісноводних молюсків
С	Промивання молюсків з витримуванням у проточній воді	Одержання технологічних та мікробіологічних характеристик, що дозволять підвищити органолептичні якості сировини

Аналогом технологічної схеми слугувала традиційна технологія виготовлення напівфабрикату з мідій. Напівфабрикат постачатиметься на підприємства у свіжовиготовленому або замороженому вигляді. Встановлено, що напівфабрикат може використовуватися при виробництві холодних страв та закусок, гарячих закусок, супів.

Технологічна схема виготовлення напівфабрикату з молюска прісноводного представлена на рис. 3.39.

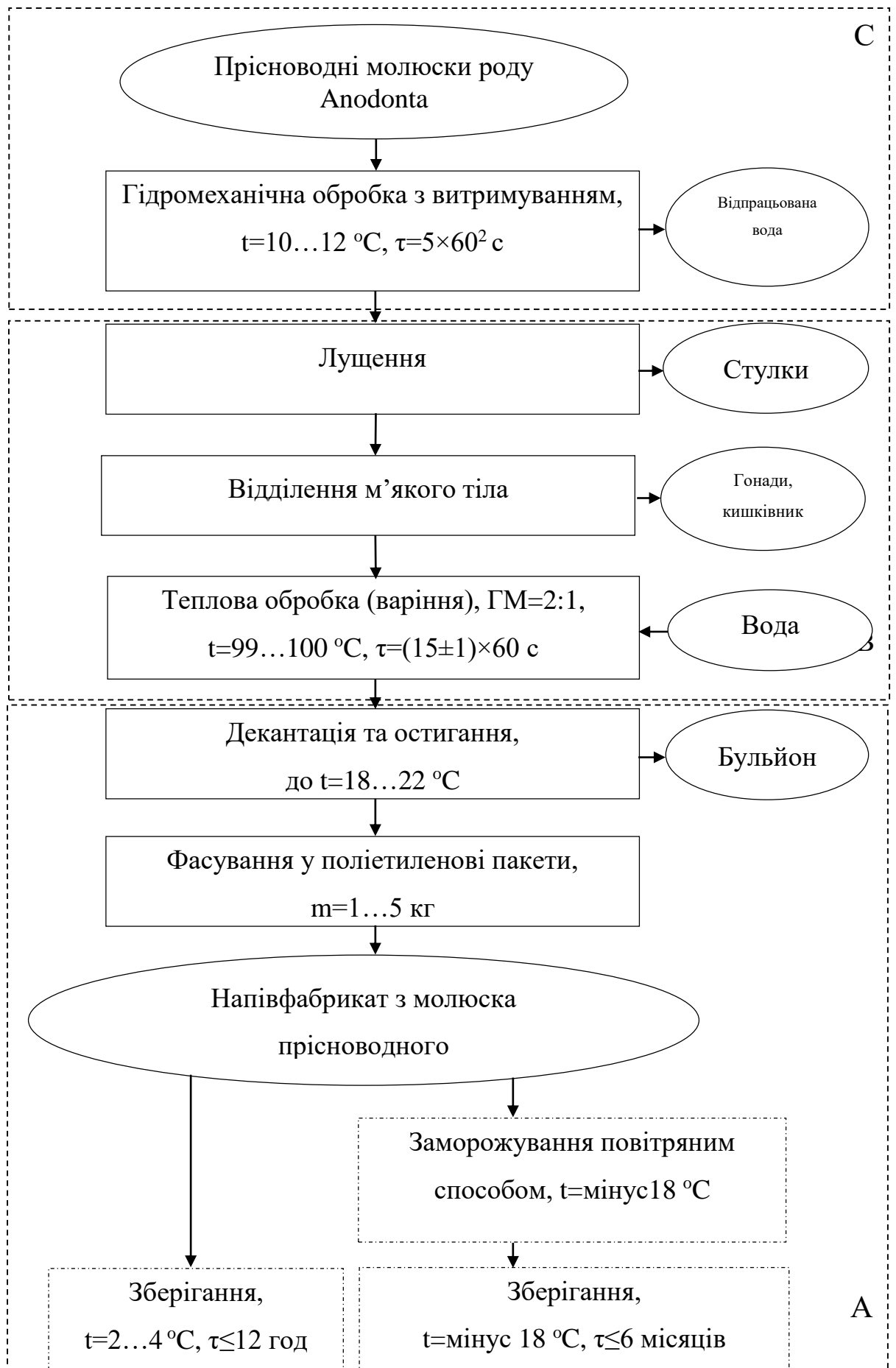


Рис. 3.39. Технологічна схема виготовлення напівфабрикату з молюска прісноводного

РОЗДІЛ 4

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕСЕНЦІАЛЬНІ МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ

4.1. Наукове обґрунтування та розробка технологій харчових продуктів оздоровчого призначення, збагачених на есенціальні мінеральні сполуки

4.1.1 Наукове обґрунтування та розробка технологій м'ясних посічених виробів з дієтичними добавками на основі хелатних комплексів

Населення багатьох країн страждає від дефіциту есенціальних мінеральних речовин внаслідок певних геохімічних особливостей місцевості. Сучасні технології переробки сировини також призводять до втрати частини мінеральних речовин у готових харчових продуктах, які стали домінантою сучасного споживча. Тому є доцільним використання дієтичних добавок, що є носіями біологічно активних форм незамінних мікронутрієнтів в харчових продуктах широкого вживання всіма групами населення.

В результаті цих двох досліджень отримали своєрідні томограми по часу релаксації T_1 (рис. 4.1), T_2 (рис. 4.2) (ЯМР) та вмісту Mn^{2+} (ЕПР) (рис. 4.3).

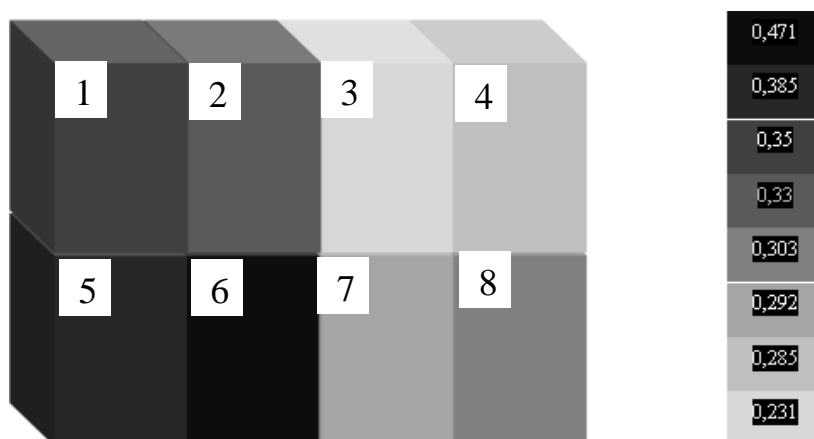


Рис. 4.1. Показники часу спіно-граткової релаксації T_1 , с у частинах м'ясних посічених виробів: 1-8 – елементи об'єму зразка

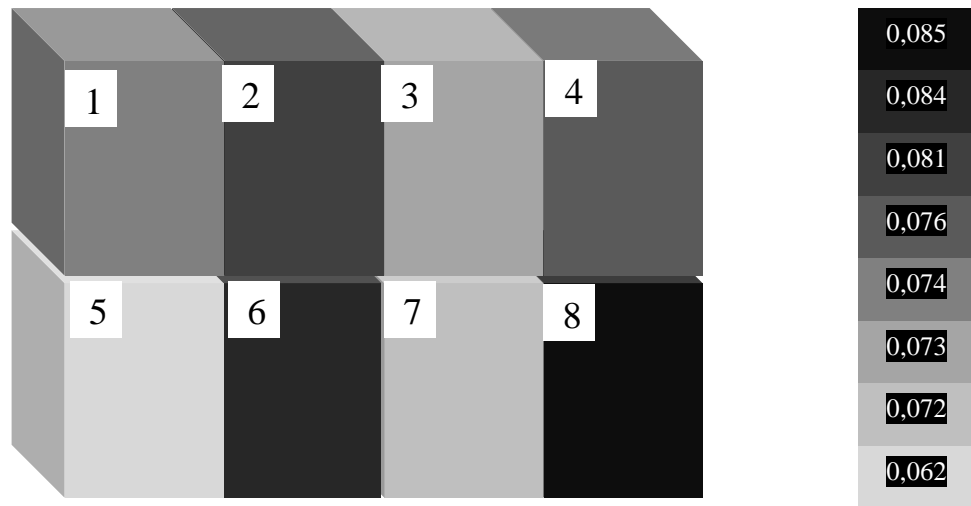


Рис. 4.2. Показники часу спін-спінової релаксації T_2 , с у частинах м'ясних посічених виробів: 1-8 – елементи об'єму зразка

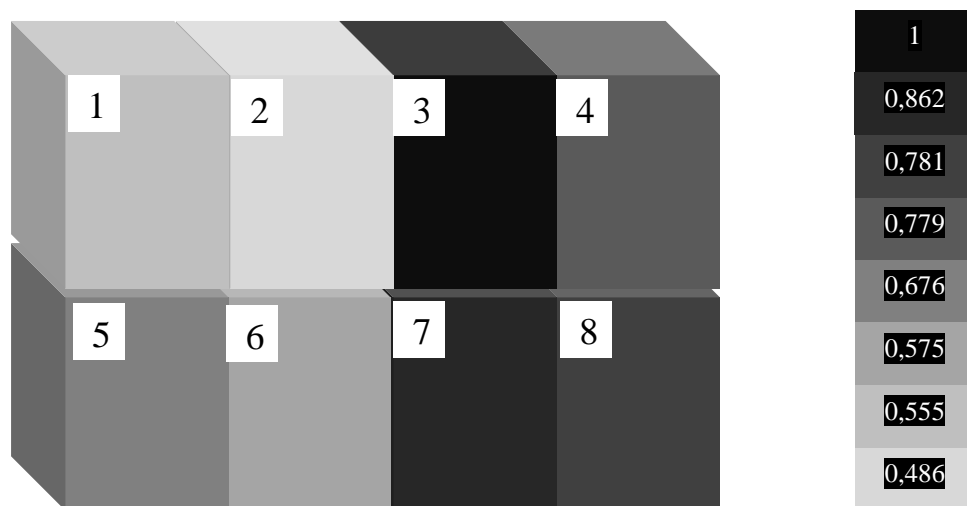


Рис. 4.3. Площа спектру ЕПР у частинах м'ясних посічених виробів: 1-8 – елементи об'єму зразка

Аналізуючи результати досліджень ядерного магнітного резонансу [296], де час спін-спінової релаксації (T_2) відповідає за взаємодію молекул води між собою, а час спін-градкової релаксації (T_1) – це час релаксації з іншими молекулами, в нашому випадку молекулами порошкоподібної дієтичної добавки, встановлено деяку відмінність між даними показниками. Розглядаючи томограми починаючи з верхнього лівого сектору, видно, що в 1-му зразку взаємодія молекул води між собою дещо більша, що становить

0,085 с, по відношенню до інших секторів на Рис. 4.3, ніж їхня взаємодія з навколишнім середовищем, тим же Mn , що становить 0,35 с і займає 3 сходинку по величині часу спін-градкової релаксації. У 2-му зразку більша взаємодія з дієтичною добавкою та всім, з чим взаємодіє вода з навколишнього середовища, а саме 0,33 с і це 4 місце за величиною спін-градкової релаксації, адже час спін-спінової релаксації – 0,081 с – 3 сходинка по величині часу спін-спінової релаксація. В 3-му зразку молекули найбільше взаємодіють з молекулами взятими з навколишнього середовища, тобто 0,231 с – останнє місце за показником T_1 , при цьому спостерігається і значна взаємодія молекул води між собою, а саме 0,073 с – 6 місце з 8 за показником T_2 . В 4-му зразку знайдена також сильна взаємодія з молекулами добавки, що складає 0,285 с, проте в цій частині фаршової системи менша взаємодія між молекулами води, а саме 0,076 с.

Порошкоподібна дієтична добавка на основі Mn достатньо рівномірно розподілилась в м'ясних посічених виробках, проте в окремих ділянках спостерігаються відмінності, як, наприклад, в 5-й пробі, рахунок якої починається з нижнього лівого сектору, по відношенню до 4-ї. Тут слабкіша взаємодія з навколишнім середовищем – 0,385 с – 2 місце за величиною показника T_1 , проте максимальна – між молекулами води, а саме 0,062 с. 6-ий зразок відрізняється тим, що в ньому була помічена менша взаємодія як між молекулами води і добавки – 0,471 с – найбільший час спін-градкової релаксації, так і молекулами води між собою, а саме 0,084 с – 2 сходинку за величиною показника T_2 . У 7-му зразку взаємодія майже рівна, молекули води однаково сильно взаємодіють і з собою, а саме $T_2 = 0,072$ с і з навколишнім середовищем, $T_1 = 0,292$ с. У 8-му зразку помічена середня за силою взаємодія між водою та добавкою, а саме 0,303 с і менша – між молекулами води, де $T_2 = 0,085$ с – максимальний час спін-спінової релаксації.

Це пояснюється тим, що чим менший час спін-спінової релаксації (T_2), тим сильніша взаємодія молекул води між собою, а чим менший час спін-градкової релаксації (T_1), тим сильніша взаємодія води з навколишнім

середовищем: молекулами повітрям, порошкоподібної дієтичної добавки, жиру тощо.

У зв'язку з тим, що значна кількість населення України потерпає від аліментарно-залежних захворювань, отримані результати мають важливе науково-практичне значення. Продукцію, збагачену дієтичними добавками, можна виробити, як в умовах м'ясопереробних підприємств так і на підприємствах ресторанного господарства, а також на харчоблоках, дитячих, лікувально-профілактичних та лікувальних закладах.

Отже, можна зробити висновок, що після отримання пошарового зображення внутрішньої структури м'ясних посічених виробів виявлено, що 8 частин на які була поділена наважка мають нерівномірний час спін-спінової та спін-градкової релаксації, але ця нерівномірність знаходиться в невеликих межах. Теж саме можна сказати про вміст Mn^{2+} , іони марганцю досить рівномірно розподілені в частинах наважки.

Томограми ЯМР і ЕПР показали, що крім фактору механічного розподілу порошку в м'ясних посічених виробках, велику роль відіграє кількість водного компоненту в даній частині системи. Встановлено, що кількість спінової мітки корелюється з кількістю та часом релаксації води.

Показано, що для рівномірного розподілу порошкоподібної кількості добавки в м'ясних посічених виробках треба регулювати дисперсність порошку й однорідність системи вмістом води.

4.1.2 Наукове обґрунтування та розробка технологій тістових заготовок та макаронних виробів

На першому етапі методом ЯМР досліджувалась взаємодія молекул води, що міститься харчовими системами (тістовими заготовками), між собою та з навколишнім середовищем [297-298].

Для дослідження було взято наважку тіста масою 100 г і вмістом добової потреби мікронутрієнту K^+ , що імітували іоном Mn^{2+} , в організмі людини. Для

проведення ЯМР досліджень наважку було розділено на 8 умовних частин, кожна з яких представлена паралелепіпедом. З отриманих частин було відібрано по 3 проби, що були відправлені на аналіз методом ЯМР. Результати ЯМР-досліджень наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Результати ЯМР-досліджень прісного, листкового та дріжджового тіста

$T_n,$ с	Прісне тісто		Листкове тісто		Дріжджове тісто	
	Контроль	З добавкою	Контроль	З добавкою	Контроль	З добавкою
T_1	0,03	0,05	0,025	0,008	0,06	0,065
T_2	0,013	0,004	0,01	0,03	0,016	0,015

Дані наведені в табл. 4.1 являють собою час спін-спінової (T_2) та спін-граткової релаксації (T_1). Час спін-спінової релаксації відповідає за взаємодію молекул води між собою. Час спін-граткової релаксації – це час релаксації з іншими молекулами, в даному випадку молекулами порошкоподібної дієтичної добавки.

На другому етапі методом ЕПР проведено оцінювання однорідності об'ємного розподілення внесеної в харчову систему (тістові заготовки) добавки на основі хелатного комплексу з Mn. Іон Mn^{2+} використовувався як спінова мітка.

Досліджуваною харчовою системою щільно заповнювали ємність у формі паралелепіпеда (рис. 4.4) з габаритними розмірами $10 \times 60 \times 60$ мм. Ємність умовно розділяли на елементарні об'єми з характерними розмірами $10 \times 20 \times 20$ мм. Із кожного виділеного елементарного об'єму a_{ij} (де $i=0, 1, 2; j=0, 1, 2$) брали пробу для дослідження ЕПР-методом.

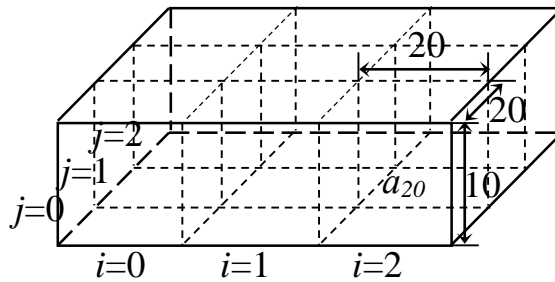


Рис. 4.4. Ємність для досліджуваних харчових систем методом ЕПР

Оцінювання однорідності об'ємного розподілення внесеної в харчову систему добавки на основі хелатного комплексу з Mn методом ЕПР-спінових міток показано на рис. 4.5. Наведені дані пронормовані на максимальне значення площі під одиночною лінією для досліджуваного зразка харчової сировини. З результатів видно, що площі під ЕПР-спектром для сировини із різних елементарних об'ємів з габаритними розмірами 10×20×20 мм відрізняються не більше ніж на 4...5 %, тобто в межах похибки. Встановлене вказує на однорідність розподілення добавки по об'єму досліджуваних харчових систем.

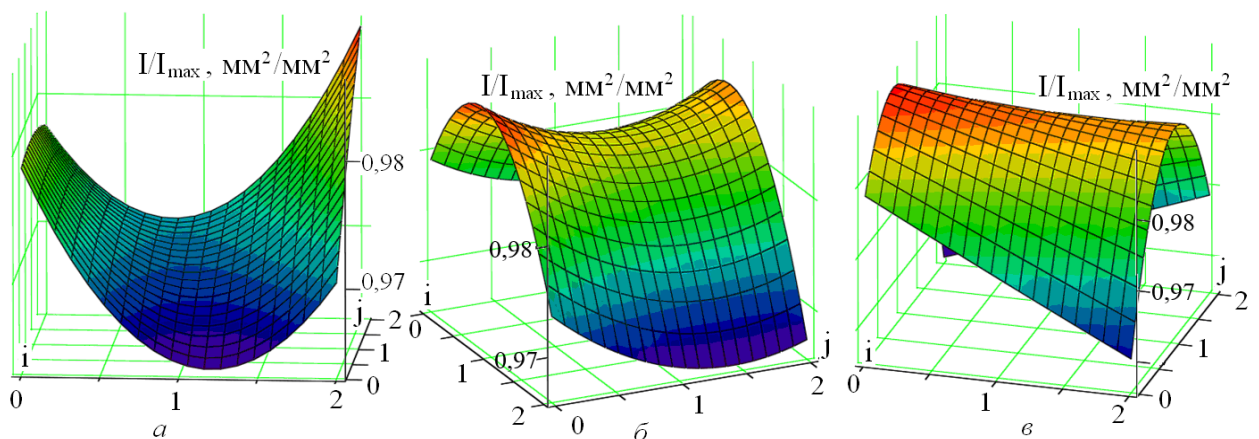
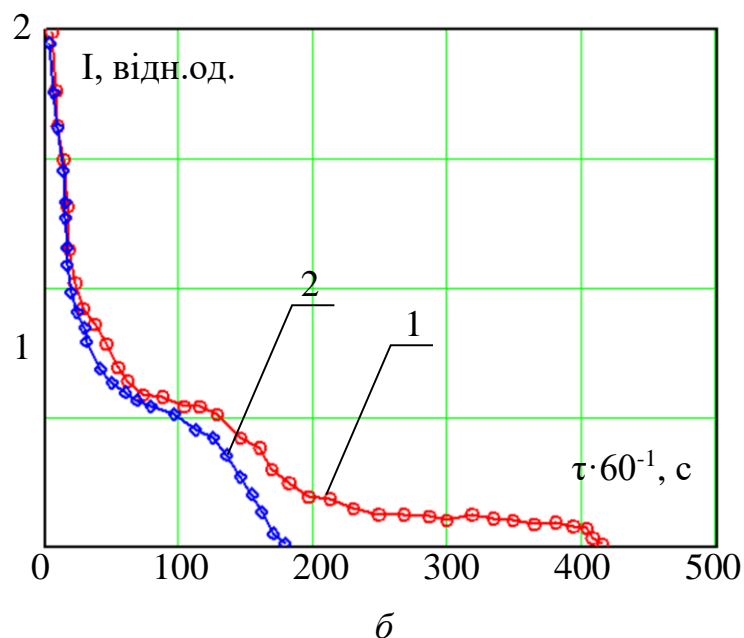
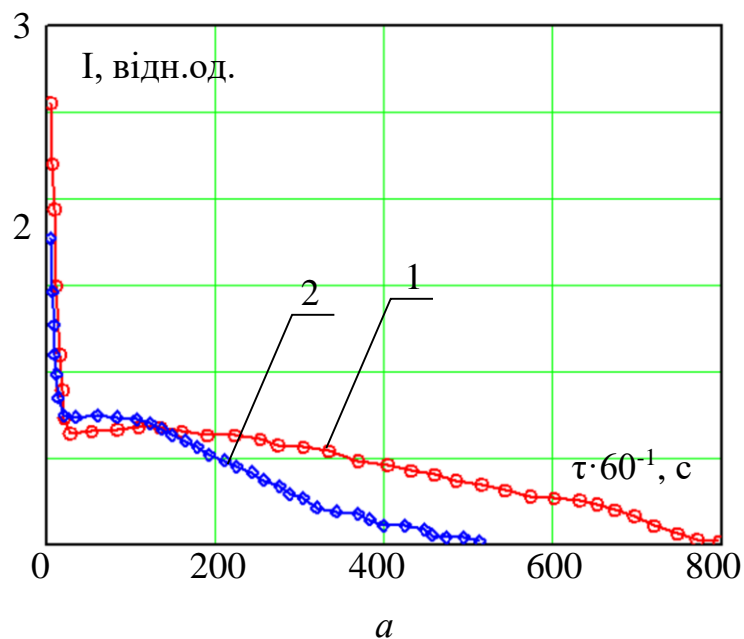


Рис. 4.5. Площі під ЕПР-спектром за різної координати зразка модельної харчової системи: *a* – дріжджове тісто; *б* – листкове тісто; *в* – прісне тісто

Третій етап включав дослідження стану води харчових систем (тістових заготовок) за умови внесення добавки з хелатним комплексом низькотемпературним калориметричним методом. На рис. 4.6 наведено термограми, отримані для досліджуваних харчових систем з введеною добавкою (2) та без неї (1).



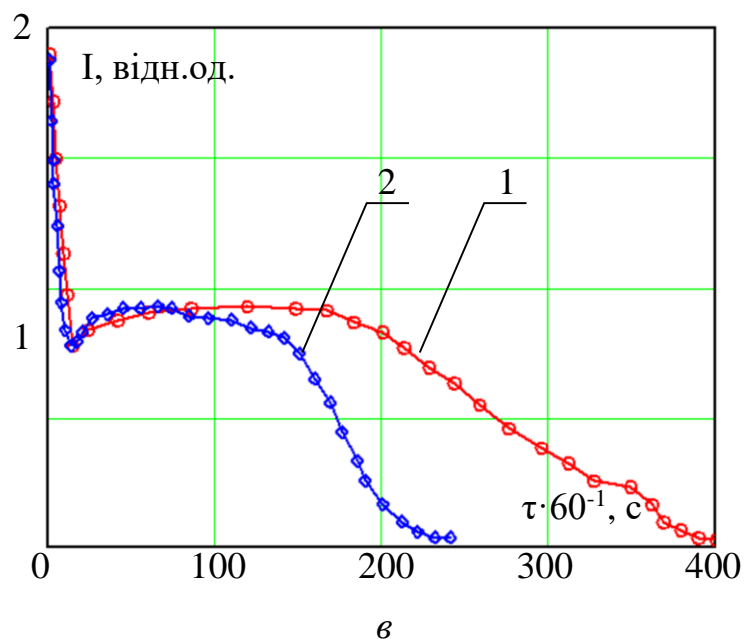


Рис. 4.6. Термограми, отримані калориметричним методом за температури калориметра мінус 12 °С, для модельних харчових систем: *a* – № 1 (дріжджове тісто); *б* – № 2 (листокове тісто); *в* – № 3 (прісне тісто)

В табл. 4.2 наведені відносні частки системної води досліджуваних зразків, отримані низькотемпературним калориметричним методом за рівноважної температури калориметра мінус 12 °С. Необхідно відмітити, за такої температури термостата відносних мольних часток системної води A_i – дві. Позначимо як – A_{k0} та A_{k1} , де індекс «0» відповідає частині системної води, для якої відбувся фазовий перехід I роду за даної температури калориметру. Індекс «1» відповідає частині системної води, яка залишилась у рідкому стані.

Сума відносних мольних часток дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=0}^m A_i = 1, \quad (4.1)$$

де m визначається методом та методикою дослідження системної води. Відповідно для досліджень калориметричним методом за рівноважної температури калориметра мінус 12 °С – $m=1$, кількість m дорівнює 2.

Відносні частки вимороженої (A_{k0}) та невимороженої (A_{k1}) за температури мінус 12 °С системної води модельних харчових систем

Зразок	A_{k1} , кг/кг	A_{k0} , кг/кг
контроль:		
модельна система № 1 (дріжджове тісто)	0,37	0,63
модельна система № 2 (листяне тісто)	0,66	0,34
модельна система № 3 (прісне тісто)	0,47	0,53
з внесенням добавки на основі хелатного комплексу:		
модельна система № 1 (дріжджове тісто)	0,64	0,36
модельна система № 2 (листяне тісто)	0,77	0,23
модельна система № 3 (прісне тісто)	0,68	0,32

З табл. 4.2 видно, що для харчової системи № 1 (дріжджове тісто) збільшення частки системної води, для якої не відбувся фазовий перехід I роду за температури калориметра мінус 12 °С відбулося у 1,75 рази. Для харчової системи № 2 (листяне тісто) збільшення частки системної води відбулось у 1,16 рази, а для харчової системи № 3 (прісне тісто) – у 1,45 рази.

На четвертому етапі проведені реологічні дослідження змін структурно-механічних властивостей харчових систем (тістових заготовок) за умови внесення в них добавки з хелатним комплексом. При цьому досліджувались тістові заготовки із дріжджового та прісного тіста з введенням добавки на основі хелатного комплексу. Як контроль використовувались відповідні тістові заготовки без внесення добавки.

Листяне тісто взагалі не досліджувалось реологічним методом, оскільки через свій складом та за своєю неоднорідною консистенцією (через наявність прошарків маргарину/вершкового масла у тісті) не підлягає під даний тип досліджень.

Вхідні параметри для даного етапу досліджень наведено в табл. 4.3.

Вхідні параметри для реологічних досліджень тістових заготовок

Вхідні параметри:	Тістові заготовки:			
	контроль для № 1	№ 1	контроль для № 3	№ 3
Маса навантаження, кг	0,002	0,002	0,002	0,002
Висота зразку, м	0,008	0,008	0,008	0,008
Ціна поділки шкали, $\times 10^{-4}$ м	5	5	5	5

Отримані структурно-механічні показники для досліджуваних харчових систем наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Структурно-механічні показники тістових заготовок

Найменування показника	Тістові заготовки:			
	контроль для № 1	№ 1	контроль для № 3	№ 3
Зворотна деформація, 10^{-3}	0,04	0,01	0,06	0,04
Незворотна деформація, 10^{-3}	0,01	0,04	0,02	0,05
Загальна деформація, 10^{-3}	0,04	0,05	0,08	0,08
Напруження зсуву, Па	13,08	13,08	13,08	13,08
Відносна пружність, %:	19,27	13,19	21,74	25,60
Відносна пластичність, %:	20,11	86,54	20,96	54,22
Відносна еластичність, %:	60,61	27,0	57,30	20,18

Аналіз результатів, отриманих ЯМР-дослідженнями, показує наступне. У прісному тісті взаємодія молекул води між собою в зразку під назвою «Контроль» (без додавання дієтичної добавки на основі хелатного комплексу) менша, ніж у зразку тіста з добавкою (0,004 с), і становить 0,013 с. Щодо спінової релаксації, то в прісному тісті за умови внесення добавки взаємодія

тіста з іншими молекулами (молекулами навколишнього середовища) зменшилась і час спін-граткової релаксації збільшився від 0,03 до 0,05 с.

В листковому тісті результати ЯМР дослідження протилежні відносно результатів, отриманих для прісного тіста. Для листового тіста взаємодія молекул води між собою (ідентифікується за часом спін-спінової релаксації) проявляється у більшому ступені для зразка тіста без внесення добавки. При цьому час спін-спінової релаксації становить 0,01 с, а за умови внесення добавки – 0,03 с. Щодо взаємодії тіста з іншими молекулами, то ця взаємодія більша у зразку листового тіста саме з добавкою (0,008 с) порівняно із зразком тіста без добавки (0,025 с).

Для дріжджового тіста результати ЯМР-досліджень подібні до результатів, отриманих для прісного тіста. В дріжджовому тісті взаємодія молекул води між собою в зразку без вищезначеної добавки проявляється у меншому ступені (0,016 с) порівняно із зразком тіста з тією ж добавкою (0,015 с). Щодо спін-граткової релаксації, при додаванні добавки взаємодія тіста з іншими молекулами (молекулами навколишнього середовища) зменшилась і час спін-граткової релаксації зріс від 0,06 до 0,065 с.

Необхідно відмітити, що чим менший час спін-спінової релаксації (T_2), тим сильніша взаємодія молекул води між собою. Відповідно, чим менший час спін-граткової релаксації (T_1), тим сильніша взаємодія води з навколишнім середовищем. При цьому під оточуючим середовищем маються на увазі молекули повітря, частинки порошкоподібної дієтичної добавки на основі хелатного комплексу, жир, білок тощо. Даний результат є однією із вихідних умов під час формування функціонально-технологічних властивостей тістових заготовок, збагачених дієтичними добавками на основі хелатних комплексів.

Дослідження методом ЕПР-спінових міток показали, що у зразках не спостерігалось розчеплення надтонкої структура спектру ЕПР. Це означає, що за такого стану зразків стабілізований хелат знаходиться в основному у насиченому стані, оскільки розчинник (вода), в кількості, що введено у систему тістової заготовки, знаходиться у «зв'язаному» стані. Такий стан

відповідає зниженню величини діелектричної проникності середовища, в результаті чого хелат втрачає розчинність.

ЕПР-дослідженнями встановлено, що кількість внесеної добавки по об'єму харчової системи відрізняється не більше ніж на 4...5 %. Такий результат доводить однорідність розподілення мікроелементу (Mn) дієтичної добавки по об'єму тістових заготовок. Перспективою подальших досліджень є визначення розподілу по об'єму харчових систем інших мікроелементів (окрім Mn) хелатів, які являють основу дієтичної добавки.

Результати, отримані низькотемпературним калориметричним методом, доводять, що внесення дієтичної добавки на основі хелатного комплексу приводить до зменшення кількості вимороженої води, тобто до збільшення невимороженої за даної температури калориметра частини системної води для всіх досліджуваних модельних харчових систем. Для дріжджового тіста кількість невимороженої води збільшилась у 1,7 рази; для листового – у 1,2 рази; для прісного – у 1,4 рази. Це вказує на збільшення кількості зв'язаної води за умови внесення добавки. Встановлений результат є вихідною умовою під час визначення умов зберігання тістових заготовок. Слід відмітити, тістові заготовки з дієтичною добавкою на основі хелатного комплексу мають подовжені терміни зберігання порівняно з тістовими заготовками без добавки. Однак під час встановлення рекомендованих термінів зберігання слід враховувати мікробіологічні властивості вищезначених харчових систем, що потребує подальших досліджень.

З результатів, отриманих на еластопластометрі Тостого, видно, що у прісному тісті зворотна деформація є більшою у контрольному зразку і становить $0,04 \cdot 10^{-3}$, порівняно зі зразком з добавкою, де вона становить $0,01 \cdot 10^{-3}$. У дріжджовому тісті ситуація зі зворотною деформацією така сама: у контрольному зразку – $0,06 \cdot 10^{-3}$, а з добавкою – $0,04 \cdot 10^{-3}$. Незворотна деформація у прісному тісті обернено пропорційна зворотній, щодо дріжджового тіста. У контрольному зразку незворотна деформація також менша ($0,02 \cdot 10^{-3}$), ніж у зразку з добавкою ($0,05 \cdot 10^{-3}$). Загальна деформація між

зразками одного виду тіста майже однакова: у прісному тісті у контрольному зразку вона становить $0,04 \cdot 10^{-3}$, у зразку з добавкою – $0,05 \cdot 10^{-3}$; у дріжджовому тісті в обох випадках – $0,08 \cdot 10^{-3}$. Напруження зсуву скрізь однакове – 13,08 Па, адже всі значення в формулі, для обчислення напруження зсуву в усіх зразках, будуть однакові. У зразках була визначена відносна пружність. Відповідно, зразок з найбільшою пружністю – дріжджове тісто з добавкою з відсотком відносної пружності – 25,60 %. Контрольний зразок дріжджового тіста також має високу відносну пружність – 21,74 %. Що стосується прісного тіста – відносна пружність значно більша у контрольному зразку – 19,27 %, порівняно зі зразком з добавкою – 13,19 %. Відносна пластичність в обох випадках і в прісному, і в дріжджовому тісті більша у зразках з введеною добавкою. Так у прісному тісті вона складає – 86,54 %, у дріжджовому – 54,22 %, у контрольних зразках, відповідно, – 20,11 % і 20,96 %. Проте відносна еластичність навпаки в обох випадках більша саме у контрольних зразках. Так, у прісному тісті вона становить – 60,61 %, у дріжджовому – 57,3 %, а у зразках з додаванням добавки відповідно – 27,0 % і 20,18 %.

Реологічні дослідження тістових заготовок з добавкою та без свідчать про зміну пружних властивостей досліджуваних харчових систем з внесенням дієтичної добавки на основі хелатного комплексу. Так, для прісного та дріжджового тіста з добавкою, відповідно, зворотна деформація зменшується у 4 та 1,5 рази; відносна пластичність збільшується у 4 та 2,3 рази; відносна еластичність зменшується у 2,1 та 2,8 разів. Встановлене пояснюється зміною співвідношення вільна – зв'язана вода у тістових заготовках за умови введення добавки, що підтверджують також ЯМР, ЕПР та низькотемпературні калориметричні дослідження.

Таким чином, дослідженнями функціонально-технологічних властивостей тістових заготовок з внесенням добавки встановлено, що введення добавки сприяє зміні співвідношення виморожена – невиморожена вода та пружних властивостей досліджуваних харчових систем.

Обмеження результатів роботи полягає в тому, що проведені

дослідження доводять однорідність розподілення лише мікроелементу Mn^{2+} дієтичної добавки по об'єму харчових напівфабрикатів (тістових заготовок). Однак залишається відкритим питання розподілення інших мікроелементів дієтичних добавок на основі хелатних комплексів в тістових заготовках, що є перспективою подальших досліджень. Також перспективою подальшої роботи є визначення розподілення мікроелементів дієтичних добавок в інших харчових напівфабрикатах та готовій продукції. При цьому використані методики потребують адаптації під властивості досліджуваних харчових систем та властивості хелатів, які є основою дієтичних добавок.

Макаронні вироби виготовлені в лабораторних умовах на однокоритному макаронному пресі періодичної дії «МІНІМАК-2» з борошна хлібопекарського вищого сорту виробництва «Новопокровський КХП» урожаю 2018 року.

Показники якості борошна пшеничного, що використовувалося для досліджень, наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Показники якості борошна пшеничного

Показники якості	Характеристика
<i>Органолептичні</i>	
Смак	Відповідний нормальному борошну, без кислого, гіркокого та інших сторонніх присмаків
Запах	Відповідний нормальному борошну, без стороннього запаху цвілі, затхлості та інших сторонніх запахів
Хруст	Відсутній
Колір	Білий, з кремовим відтінком

<i>Фізико - хімічні</i>	
Вологість, %	13,5±0,5
Вихід сирої клейковини, %	23,0±0,1
Пружність на ВДК, од. пр.	82±2
Кислотність, град	1,8±0,1
Водопоглинальна здатність, %	150±7

Використовували середній тип замісу, за якого вологість макаронного тіста складала 30%...31%. Температура води, що йшла на заміс, дорівнювала 35...40 °С (теплий тип замісу). Тривалість замісу макаронного тіста становила (5...7)×60 с для тіста без добавок та (8...10)×60 с для тіста з додаванням дієтичної добавки на основі хелатних комплексів. Вироби відформовували у вигляді тонкої вермішелі діаметром 1,2 мм. Сушили макаронні вироби у сушильній шафі ШСМ У 4.2 до кінцевої вологості 13,0%. Параметри сушіння: температура сушильного агента (повітря) – 55°С, відносна вологість – 60...65%, повітрообмін у шафі здійснювався за рахунок природної конвекції. Товщина шару висушуваного матеріалу складала $(2,0 \times 10^{-2}) \pm 0,1$ м.

Дієтичну добавку на основі хелатних комплексів вносили у тістомісильне корито макаронного пресу разом з борошном у кількості 1,0; 2,0 та 4,0% до його маси. При цьому, враховуючи високу водопоглинальну здатність КМЦ та її дегідратуючий вплив на білки борошна, розрахункову кількість води для замісу збільшували, відповідно, на 10,0, 20,0 та 40,0%.

Оцінювали вплив дієтичної добавки на основі хелатних комплексів на органолептичні, фізико-хімічні та варильні показники якості макаронних виробів. Отримані результати представлено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

**Показники якості макаронних виробів з додаванням дієтичної
добавки на основі хелатних комплексів**

(n=5, P≤0,05, σ=3,0...5,0%)

Показник якості	Дозування добавки, % до маси борошна			
	0 (контроль)	1,0	2,0	4,0
Органолептичні показники				
Стан поверхні	Гладенька, без шорсткості, без тріщин			
Колір	Однотонний білий з кремовим відтінком, безслідів непромісу			
Смак та запах	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку і запаху			
Фізико-хімічні показники				
Вологість, %	13,0	13,0	13,0	13,0
Кислотність, °Н	1,6	1,6	1,6	1,5
Варильні показники				
Стан виробів після варки	Вироби зберігають форму, не злипаються, не утворюють грудочок			Вироби не зберігають форму, злипаються
Тривалість варки до готовності, τ·60 ⁻¹ с	8,0	8,0	8,0	9,0
Коефіцієнт збільшення маси	2,1	2,3	2,5	3,0
Втрати сухих речовин, %	4,2	3,9	3,4	4,6

Представлені дані свідчать, що внесення дієтичної добавки на основі хелатних комплексів у макаронні вироби дозволяє отримати продукцію з гарними органолептичними показниками. Відформовані вироби добре зберігають форму, мають білий колір з кремовим відтінком, смак та запах, властиві макаронним виробам, без сторонніх. Фізико-хімічні показники макаронних виробів (вологість та кислотність) відповідають вимогам нормативної документації.

Додавання дієтичної добавки на основі хелатних комплексів у кількості 1,0 та 2,0% до маси борошна призводить до покращення варильних показників якості макаронних виробів – підвищується коефіцієнт збільшення маси на 9,5 та 19,0%, відповідно, порівняно з контролем, зменшуються витрати сухих речовин, що переходять у варильне середовище, на 7,0 та 19,0%. У разі збільшення дозування дієтичної добавки на основі хелатних комплексів до 4,0% макаронні вироби під час варіння більш інтенсивно поглинають вологу, про що свідчить зростання коефіцієнту збільшення маси на 42,9% порівняно з контролем, починають злипатися та втрачають форму. Перехід сухих речовин у варильне середовище при цьому зростає на 9,5%. Це можна пояснити тим, що NaКМЦ виконує у макаронному тісті «розклинювальну» роль, перешкоджаючи утворенню клейковини, і сама виконує роль структуроутворювача. За дозування більше 2,0 % над властивостями клейковини (утворення пружньо-еластичної структури тіста) починають переважати властивості самої добавки – велика здатність до набухання та утворення в'язких розчинів, що негативно впливає на варильні показники якості макаронних виробів.

4.1.3 Наукове обґрунтування та розробка технологій соусів з мінерально-органічними дієтичними добавками

За проведеними дослідженнями розроблено технологічні схеми виробництва соусів із частковою заміною сировинних інгредієнтів на мінерально-органічні дієтичні добавки: ячного порошку на добавку йодобілкову, молока сухого знежиреного на ДДСБ [299-306] (рис. 4.7).

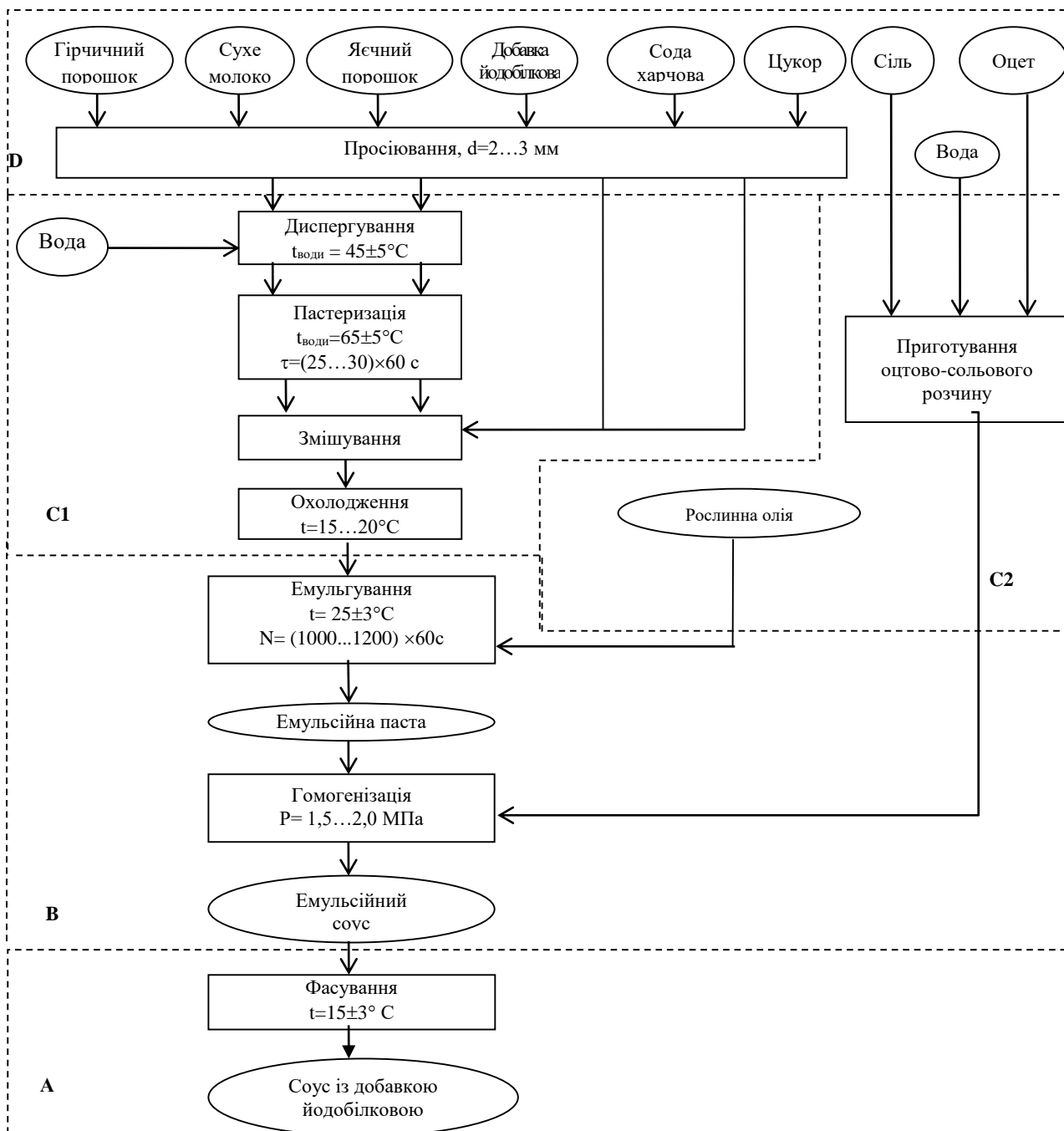


Рис. 4.7. Технологічна схема соусу з використанням добавки йодобілкової

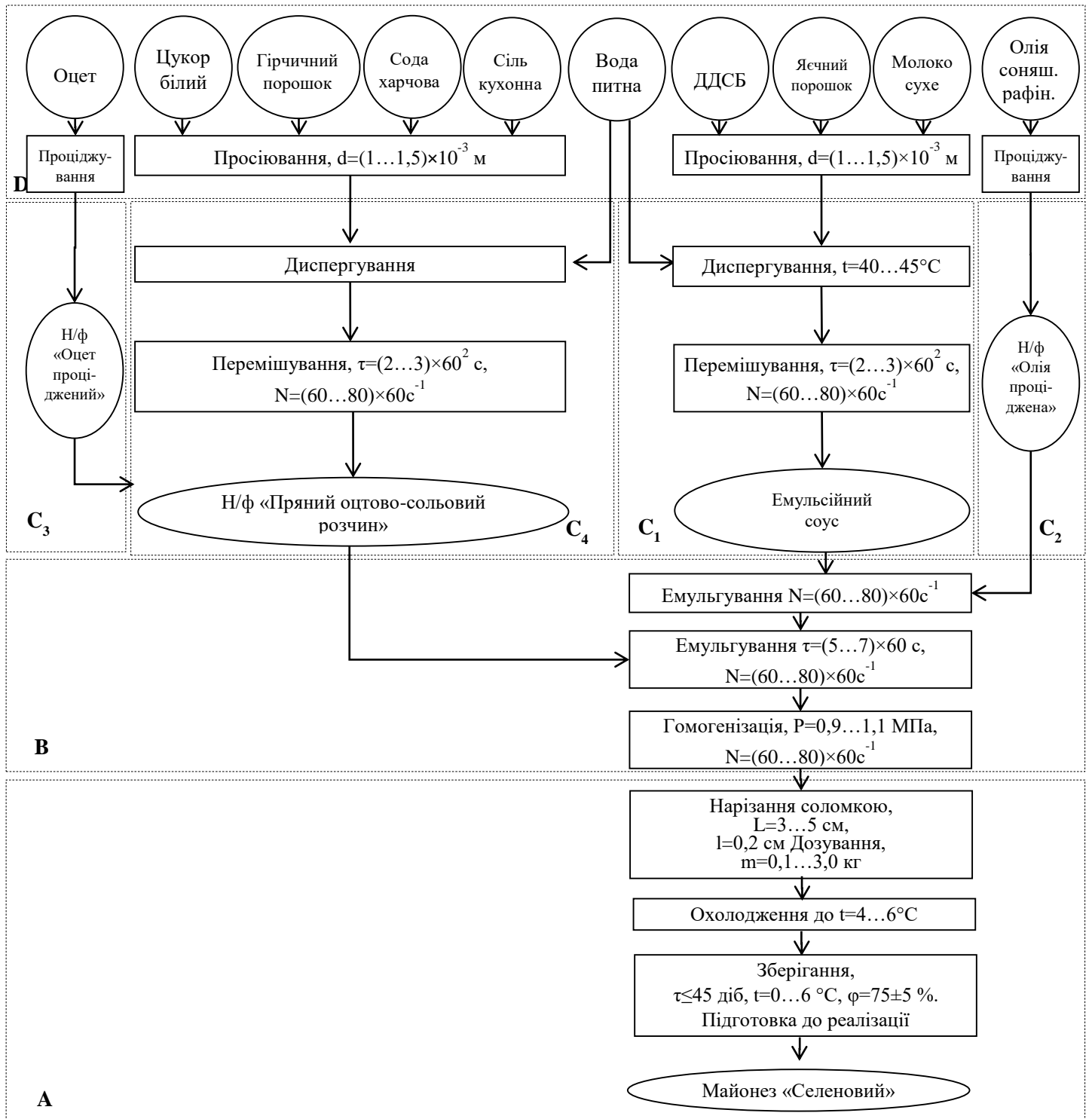


Рис. 4.8. Технологічна схема соусу з використанням добавки дієтичної селен-білкової «Неоселен»

Як видно із технологічної схеми виробництва соусу (рис. 4.8), рецептуру виробництва майонезу «Молочного» було удосконалено шляхом повної заміни сухого знежиреного молока на добавку. До такого прийому вдалися,

оскільки ДДСБ «Неоселен» складається з сироваткових білків (лактоальбумінів, лактоглобулінів) і лактози, володіє широким спектром функціонально-технологічних та функціонально-фізіологічних властивостей (ЖУЗ, ЖЕЗ тощо). Технологічна система одержання майонезу «Селеновий» подана як цілісна система, в межах якої виділено підсистеми D, C₁, C₂, C₃, C₄, B, A. Функціонування даних підсистем скероване на одержання вихідного результату функціонування системи – отримання майонезу, збагаченого селеном. Серед чинників споживчих характеристик продуктів харчування домінуюча роль відводиться органолептичним показникам, які мають низку переваг порівняно з іншими методиками оцінки якості: швидкість, доступність, універсальність (визначення одночасно цілого ряду показників – кольору, зовнішнього вигляду (консистенції), смаку та запаху).

На основі методу експертних оцінок визначали основні органолептичні характеристики соусів емульсійного типу за 5 бальною шкалою: зовнішній вигляд, колір, запах, смак та консистенція. Соуси із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок мали наступні характеристики (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Органолептичні показники якості соусів емульсійного типу

Показник	Характеристика згідно з ДСТУ 4487 (контроль)	Соус із ДДСБ	Соус із добавкою йодобілковою
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний, сметаноподібний, густий продукт з поодинокими бульбашками повітря		З краплями від гірчиці
Смак та запах	Притаманний майонезу конкретної назви		
Колір	Від білого до кремувато-жовтого, або зумовлений кольором введених добавок. Однорідний за всією масою	Жовтувато-кремовий з блідо-рожевим відтінком	Кремувато-жовтого кольору. Однорідний за всією масою

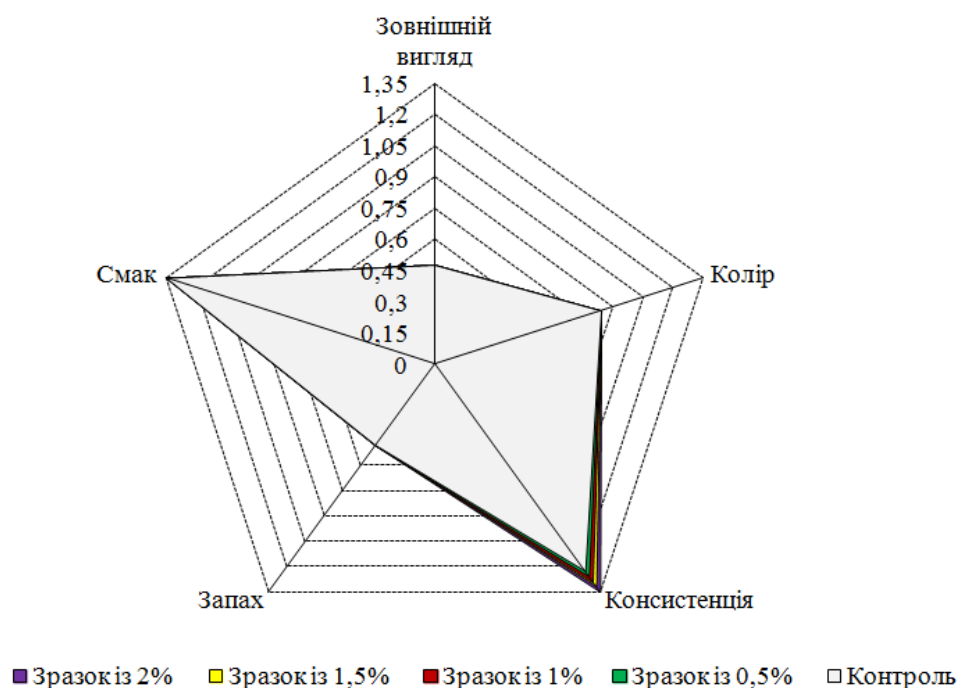
Як видно із табл. 4.7 мінерально-органічні дієтичні добавки не впливають на органолептичні показники майонезу. Їх додавали до соусів в гідратованому вигляді для кращого її розподілення в емульгуючій основі. ДДСБ додавали з урахуванням фізіологічної потреби організму людини в селені. Так, у 100 г майонезу, збагаченого селеном, міститься 30 мг добавки ($W_{Se}=31,25$ мкг). Така її кількість забезпечує 50%-у добову потребу організму людини в селені.

Характеристика та оцінка органолептичних показників нових соусів емульсійного типу з різним вмістом добавки йодобілкової наведена у табл. 4.8 та на рис. 4.9.

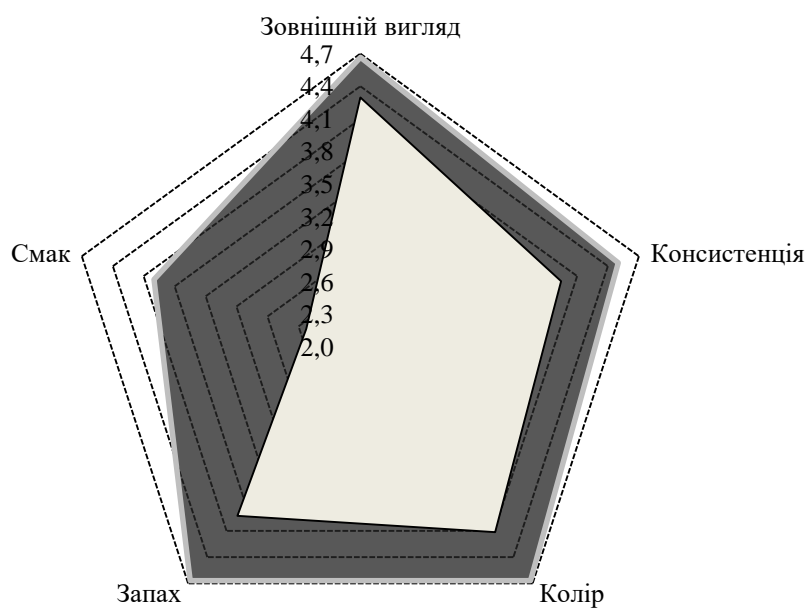
Таблиця 4.8

Органолептична оцінка якості соусів із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок

Показник	Коефіцієнт вагомості	Бальна оцінка показників, бали					
		Контроль	Добавка йодобілкової				ДДСБ
			№ 1 0,5%	№ 2 1%	№ 3 1,5%	№ 4 2 %	
Колір	0,1	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,30
Зовнішній вигляд	0,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	3,95
Консистенція	0,3	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,11
Запах	0,1	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3,93
Смак	0,3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2,52
Загальна бальна оцінка		4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	3,76



a



б

Рис. 4.9. Органолептичні показники якості соусів із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок: *a* – добавка йодобілкова; *б* – ДДСБ

В цілому, розроблені соуси за органолептичними показниками відповідають вимогам нормативно-технічної документації. Бальна оцінка

показала, що розроблені зразки із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок за органолептичними показниками перевищують контрольний. При аналізі отриманих органолептичних показників було вирішено, що найбільш прийнятним є введення добавки йодобілкової в кількості 1%, оскільки додавання добавки йодобілкової більше 1% є недоцільним.

Результати досліджень фізико-хімічних показників соусів із використанням добавок мінерально-органічних відповідають діючим нормативно-технічним вимогам та наведені у табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Фізико-хімічних показники якості соусів із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок

Показник	Характеристика соусів					
	Традиційний продукт	Добавка йодобілкова, %				ДДСБ, %
		0,5	1	1,5	2	
Кислотність у перерахуванні на оцтову кислоту, %	0,31±0,01	0,30±0,01	0,31±0,01	0,30±0,01	0,31±0,01	0,5±0,02
Ефективна вязкість при 20°C (за швидкості зсуву 3 с ⁻¹), Па·с	19,6±1,0	19,1±1,0	18,0±1,0	16,5±1,0	15,4±1,0	19,6±1,0
Стійкість емульсії, %	98,2±0,5	98,0±0,5	98,7±0,5	99,0±0,5	99,2±0,5	98,5±0,5
pH	4,0±0,1	4,1±0,1	4,1±0,1	4,2±0,1	4,1±0,1	4,0±0,1

Результати проведених досліджень функціонально-технологічних показників соусів емульсійного типу із використанням добавки йодобілкової, показали, що в'язкість досліджуваних зразків складає від 15,4...19,6±1,0 Па·с, кислотність 0,31±0,01 %, пероксидне число 0,9±0,1 ммоль активного кисню / кг, стійкість незруйнованої емульсії була не менше 98±1 % та pH соусу складає у середньому 4,1±0,1.

Встановлено, що виробничий процес майонезу із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок не потребує переобладнання традиційного машино-апаратного комплексу технологічного обладнання, таким чином не потребуючи залучення додаткових капітальних інвестицій у виробництво даної продукції.

Таким чином, використання мінерально-органічних дієтичних добавок є перспективним у технології соусів. За органолептичними, фізико-хімічними показники якості розроблена продукція, збагачена на селен, відповідає всім вимогам ДСТУ 4487:2005.

У багатьох випадках для характеристики емульсій вивчають найбільш просту і практично важливу величину – механічну міцність системи, тобто граничну напругу зсуву. Вона відповідає найбільшому зусиллю. Цей метод найбільш поширений для визначення деформаційних характеристик різноманітних структурованих рідин. Нами проведено визначення граничної напруги зсуву для соусів із дієтичною добавкою (рис. 4.10).

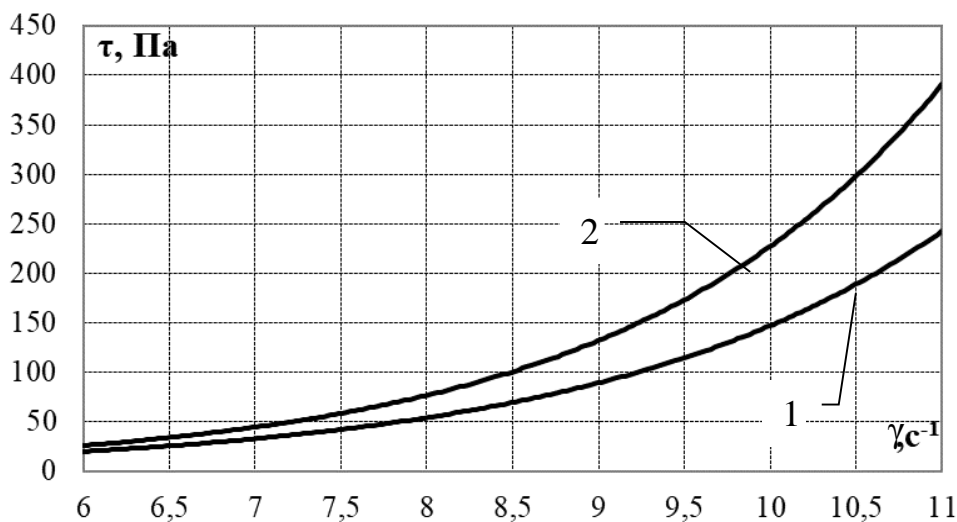


Рис. 4.10. Напруга зсуву за різної залежності швидкості зсуву: 1) майонез (контроль); 2) соус із ДДСБ «Неоселен»

Визначення проводили за швидкості зсуву 100 с^{-1} . Результати дослідження ефективної в'язкості наведені на рис. 4.11.

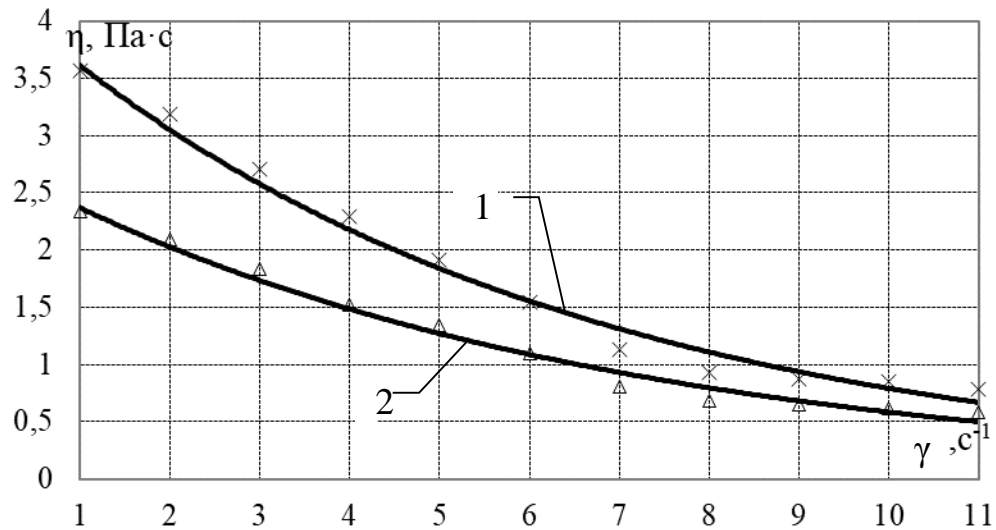


Рис. 4.11. Ефективна в'язкість (η) соусів від швидкості зсуву ($D\dot{\gamma}$): 1) майонез (контроль); 2) соус із ДДСБ «Неоселен»

Результати експериментальних досліджень залежності ефективної в'язкості соусу з йодобілковою добавкою наведені на рис. 4.12.

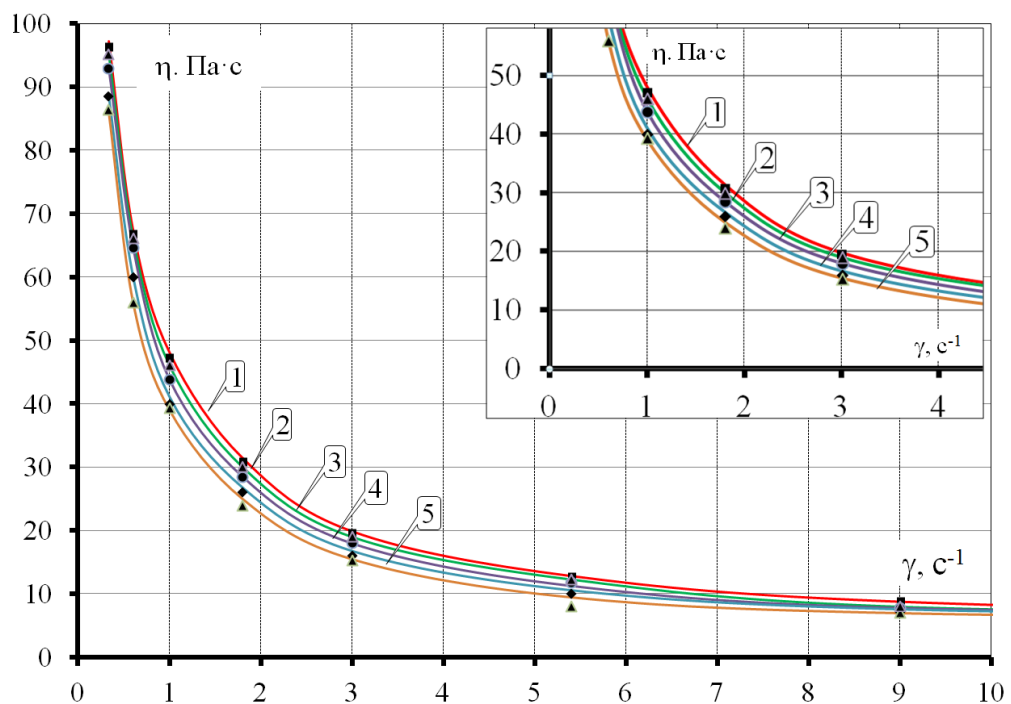


Рис. 4.12. Ефективна в'язкість (η) соусів (свіжовиготовлених) від швидкості зсуву ($D\dot{\gamma}$): 1 – контроль; 2 – 0,5 %; 3 – 1 %; 4 – 1,5 %; 5 – 2 % добавки йодобілкової

Відповідно до ДСТУ 4487, дослідження ефективної в'язкості нормувались за швидкості зсуву 3 c^{-1} . Аналіз отриманих даних показав, що з

підвищенням швидкості зсуву при температурі 20° С та при швидкості зсуву $Dr=3\text{c}^{-1}$ в'язкість соусу з використанням добавки йодобілкової знижується до певного значення та складає не менше 5,0 Па·с, при швидкості зсуву більше 9 c^{-1} залишається постійною, незалежно від зміни швидкості зсуву, тоді як, в'язкість соусів з використанням ДДСБ знижується до постійного значення не менше 0,5 Па·с при швидкості зсуву $Dr=100\text{c}^{-1}$, а при швидкості зсуву 10 c^{-1} залишається постійною, незалежно від зміни швидкості. На наведених графіках можна умовно виділити дві ділянки, що характеризуються зниженням ефективної в'язкості та виходом на постійні значення. Така реологічна поведінка обумовлена співвідношенням зруйнованих та відновлених зв'язків, що залежать від швидкості зсуву, та, ймовірно, пояснюється тим, що відбувається руйнування структури, частки дисперсної фази орієнтуються в напрямку течії, послаблюється зчеплення між ними.

Аналіз кривих дозволяє стверджувати, що соуси із мінерально-органічними дієтичними добавками володіють стійкою структурою, кожному значенню градієнта відповідає визначений рівноважний стан соусів. Експериментальні криві залежності в'язкості від швидкості зсуву для всіх зразків мають майже однаковий вигляд, має місце нелінійна залежність.

Для харчових продуктів (особливо для соусів) одними з важливих властивостей є збереження якості та технологічних характеристик у процесі зберігання.

Важливим аспектом у забезпеченні високої якості продовольчих товарів є забезпечення високого рівня безпечності та нешкідливості продукції. З цього боку актуальним питанням є дослідження мікробіологічних, токсикологічних показників безпеки та встановлення динаміки окислювальних змін ліпідів під час зберігання.

Дослідження мікробіологічних показників здійснювали у відповідності до діючої нормативної документації та одержані значення порівнювали із вимогами ДСТУ 4487:2005. Мікробіологічні показники якості можна поділити на санітарно-показові (вміст БГКП), та вміст патогенної мікрофлори, в тому

числі роду *Salmonella*. Мікробіологічні характеристики визначалися за альтернативним принципом.

Соуси із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок зберігали при $t=5...10^{\circ}\text{C}$ на протязі 30 діб. Результати досліджень мікробіологічних показників соусів відповідають вимогам нормативної документації та наведені у табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Мікробіологічні показники соусів із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок

Показник	Норми згідно з ДСТУ 4487	Соус після зберігання при $t=5...10^{\circ}\text{C}$ на протязі зберігання (контроль)				Дослідний зразок соусу при зберіганні за $t= 5...10^{\circ}\text{C}$.				
		1 доба	10 діб	20 діб	30 діб	1 доба	10 діб	20 діб	30 діб	90 діб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,01 г	Не дозволено	Не виявлено				Не виявлено				
Патогенні мікроорганізми у т. ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не дозволено	Не виявлено				Не виявлено				
Дріжджі, КУО в 1 см ³ , не більше ніж	1×10^3	Не виявлено				Не виявлено				
Плісняві гриби, КУО в 1 см ³ , не більше ніж	1×10	Не виявлено				Не виявлено				

Дані, наведені в табл. 4.10, свідчать про мікробіологічну безпечність розробленої продукції для здоров'я споживачів. Таким чином, нові види соусів із мінерально-органічними дієтичними добавками відповідають вимогам нормативної документації щодо мікробіологічної безпеки та характеризуються кращою мікробіологічною стабільністю порівняно з контрольними зразками.

Одними з основних показників, що знижують харчову цінність продукту, є окислення та гідроліз жирової фази. Досліджено стійкість до окислювального псування отриманих соусів за температури $4...8\pm 2$ °С протягом 40 діб зберігання. Ступінь окислення контролювали за величиною кислотного числа (КЧ) та пероксидного числа (ПЧ).

Результати визначення кислотного числа зразків соусів, які досліджувалися в процесі зберігання, представлено на рис. 4.13.

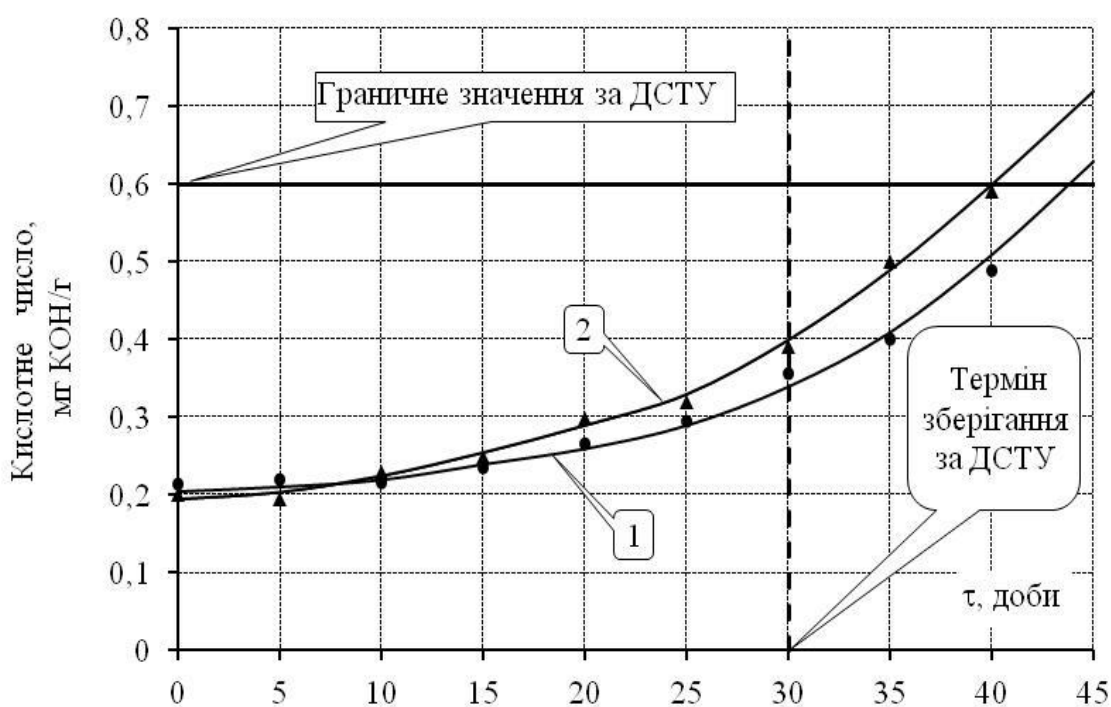


Рис. 4.13. Кінетика кислотного числа при зберіганні: 1 – контрольний зразок; 2 – зразок соусу з добавкою

З даного графіка видно, що кислотне число зразків має майже однакові значення, тобто зразок соусу з добавкою незначно вирізняється від контрольного зразка і на протязі терміну зберігання кислотне число збільшується. Збільшення даного показника свідчить про те, що в процесі зберігання накопичуються вільні жирні кислоти.

Результати експериментальних даних з визначення пероксидного числа зразків соусів емульсійного типу, які досліджено, представлено на рис. 4.14.

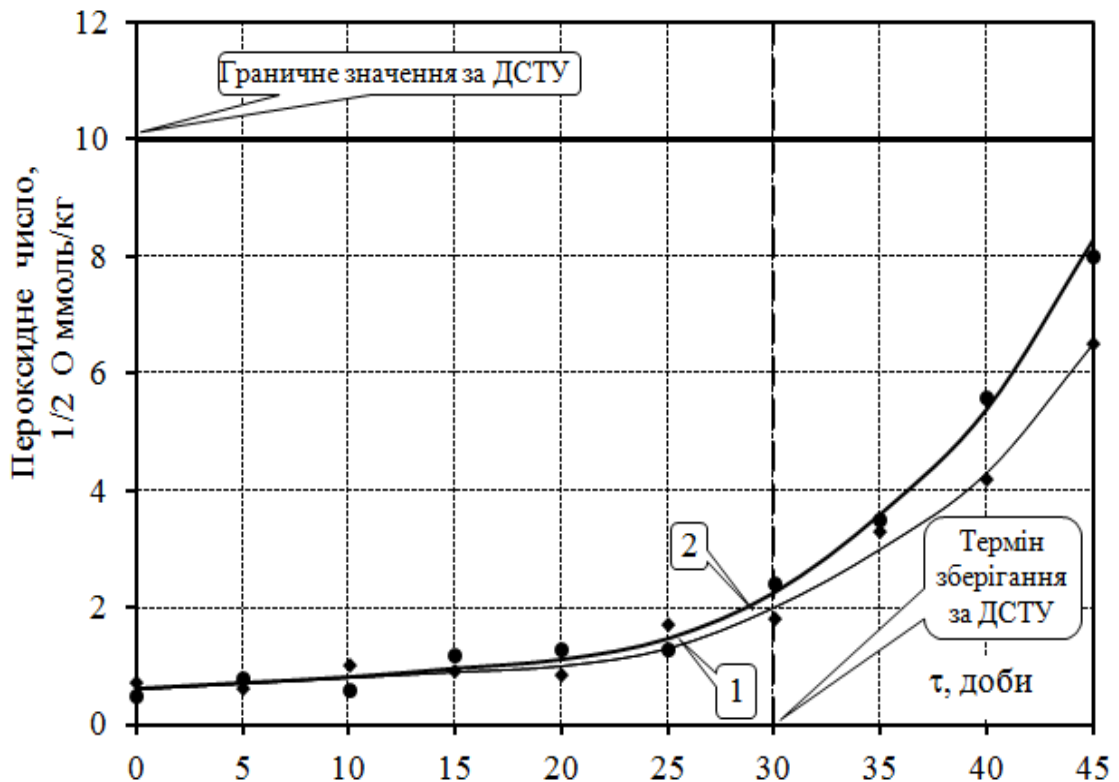


Рис. 4.14. Кінетика пероксидного числа при зберіганні: 1 – контрольний зразок; 2 – зразок соусу з добавкою

З рис. 4.14 видно, що збільшення пероксидного числа говорить про перебіг окислювальних процесів та про накопичення первинних продуктів окислення ліпідів. У результаті отриманих даних можна зробити висновок, що протягом 35...40 діб зберігання при температурі $4...8 \pm 2^\circ\text{C}$ якісні показники ліпідів соусів змінюються у припустимих межах. Кислотне та пероксидне числа лежать у межах, що відповідають чинним нормативам.

Визначали зміну ефективної в'язкості соусів із використанням 1 % добавки йодобілкової у процесі зберігання в діапазоні швидкостей зсуву від $1,0\text{ c}^{-1}$ до 10 c^{-1} використовували зразки, що зберігались за температури $t=18\pm 2^\circ\text{C}$ на протязі 30 діб без консерванту та 90 діб із консервантом і відносній вологості повітря не більше 75%.

На рис. 4.15 зображено залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву соусів із використанням мінерально-органічних дієтичних добавок під час зберігання.

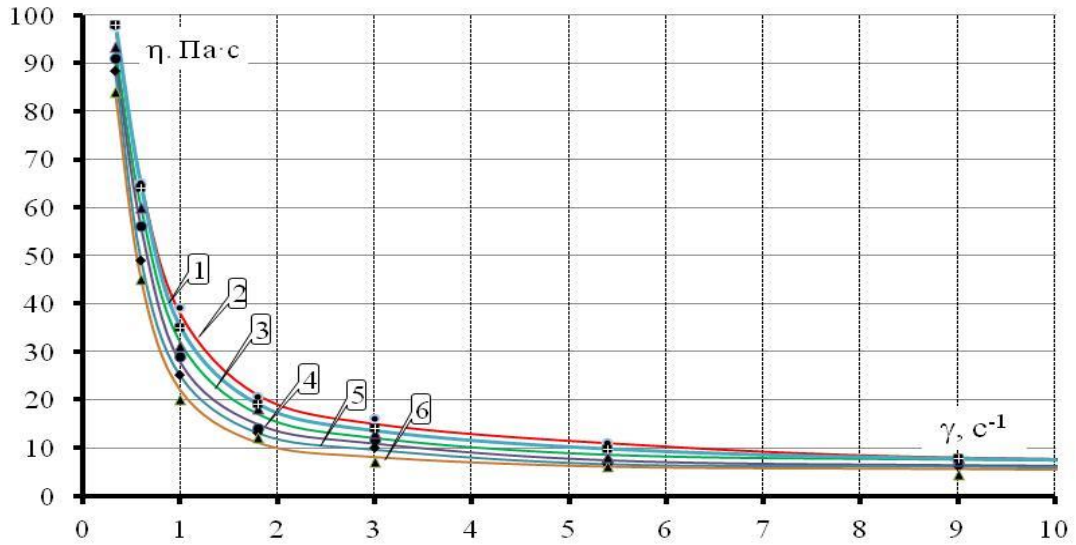


Рис. 4.15. Ефективна в'язкість (η) соусів із добавкою залежно від швидкості зсуву ($D\dot{\gamma}$) під час зберігання: 1 – свіжовиготовлений; 2 – 24 год; 3 – 10 діб; 4 – 20 діб; 5 – 30 діб; 6 – 90 діб

Ефективна в'язкість незруйнованої структури соусів знаходилася в інтервалі $7,3 \dots 16,0 \pm 0,1$ Па·с при напрузі зсуву $D\dot{\gamma} = 3 \text{ c}^{-1}$. Установлено, що ефективна в'язкість незруйнованої структури соусів із використанням добавки під час зберігання знаходилася в інтервалі $(11,3 \dots 19,7) \pm 0,1$ Па·с за швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$ та $(7,3 \dots 16,0) \pm 0,1$ Па·с за швидкості зсуву $D\dot{\gamma} = 3 \text{ c}^{-1}$ (рис. 4.16).

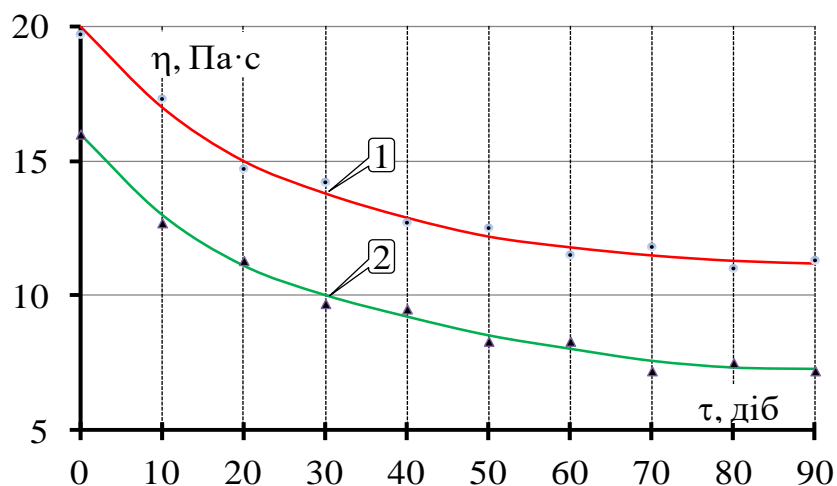


Рис. 4.16. Ефективна в'язкість (η_{ef}) соусів з добавкою, залежно від швидкості зсуву ($D\dot{\gamma}$) під час зберігання, c^{-1} : 1 – 1,8; 2 – 3,0

Таким чином, отримані значення в'язкості за швидкості зсуву $D\dot{\gamma}=3 \text{ c}^{-1}$ задовольняють вимоги ДСТУ 4487. Додавання до складу соусів добавок мінерально-органічних не має негативного впливу на їх фізико-хімічні характеристики, а за рахунок стабілізуючого ефекту, підвищує стійкість емульсії до 98...99 %.

4.1.4 Наукове обґрунтування та розробка технологій страв з молюсками

Обґрунтування технології кулінарних виробів на основі напівфабрикату з молюска прісноводного

Технологічна розробка напівфабрикату з молюска прісноводного була використана у технології кулінарних виробів на його основі [307-309]. Розроблено технологію жульєну «Річкова перлина» (рис. 4.17), салату теплого з молюсками прісноводними (рис. 4.18), крем-супу з молюсками прісноводними (рис. 4.19), ролів «Anodonta» (рис. 4.20).

Структуру технологічної системи та мету функціонування її підсистем наведено в табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Технологічна система виготовлення жульєну «Річкова перлина»

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
А	Одержання та подача жульєну	Одержання жульєну з заданими фізико-хімічними, структурно-механічними властивостями, показниками якості за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей напівфабрикату з молюска прісноводного

В	З'єднання компонентів страви та приготування	Перемішування підготовлених компонентів, викладення у форми та доведення до стану кулінарної готовності шляхом проведення термічної обробки – запікання та остигання
С ₁	Підготовка та механічна обробка напівфабрикату з молюска прісноводного	Дефростація, нарізання
С ₂	Підготовка та механічна обробка овочів та грибів	Зачищення від неїстівних частин, промивання, чищення, нарізання
С ₃	Підготовка та механічна обробка сиру сичужного	Зачищення від плівки, натирання на терці

Забезпечення високого рівня функціонування підсистеми дозволяє гарантувати якість готового жульєну «Річкова перлина», а також його стабільні показники під час зберігання та реалізації.

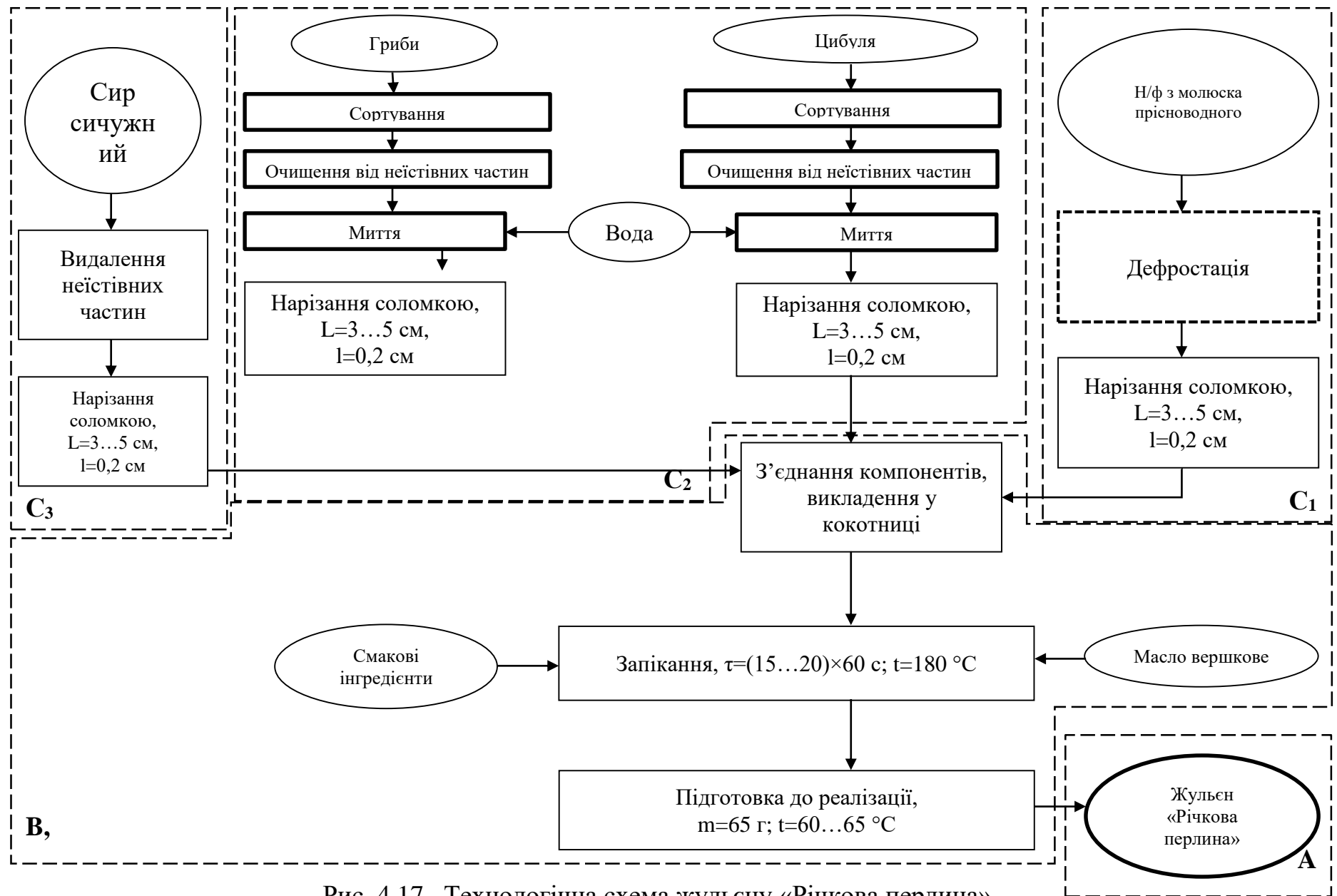


Рис. 4.17. Технологічна схема жульєну «Річкова перлина»

Структуру технологічної системи та мету функціонування її підсистем наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12

Технологічна система виготовлення салату теплого з молюсками

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A	Одержання та подача салату теплого з молюсками	Одержання салату теплого з молюсками з заданими фізико-хімічними, структурно-механічними властивостями, показниками якості за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей напівфабрикату з молюска прісноводного
B	З'єднання компонентів страви та приготування	Викладення у форми та доведення до стану кулінарної готовності шляхом додавання смакових інгредієнтів
C ₁	Підготовка та механічна обробка напівфабрикату з молюска прісноводного	Дефростація, нарізання
C ₂	Отримання кляру	Складання рецептурної суміші з наступних інгредієнтів: борошно, яйця, вершки, сіль
C ₃	Підготовка та механічна обробка овочевих компонентів	Зачищення від неїстівних частин, промивання, чищення, нарізання
C ₄	Обробка напівфабрикату з молюска прісноводного	Обмакування шматочків напівфабрикату з молюска прісноводного у клярі та обсмажування з додаванням олії соняшникової

Забезпечення високого рівня функціонування підсистеми дозволяє гарантувати якість готового салату теплого з молюсками, а також його стабільні показники під час зберігання та реалізації.

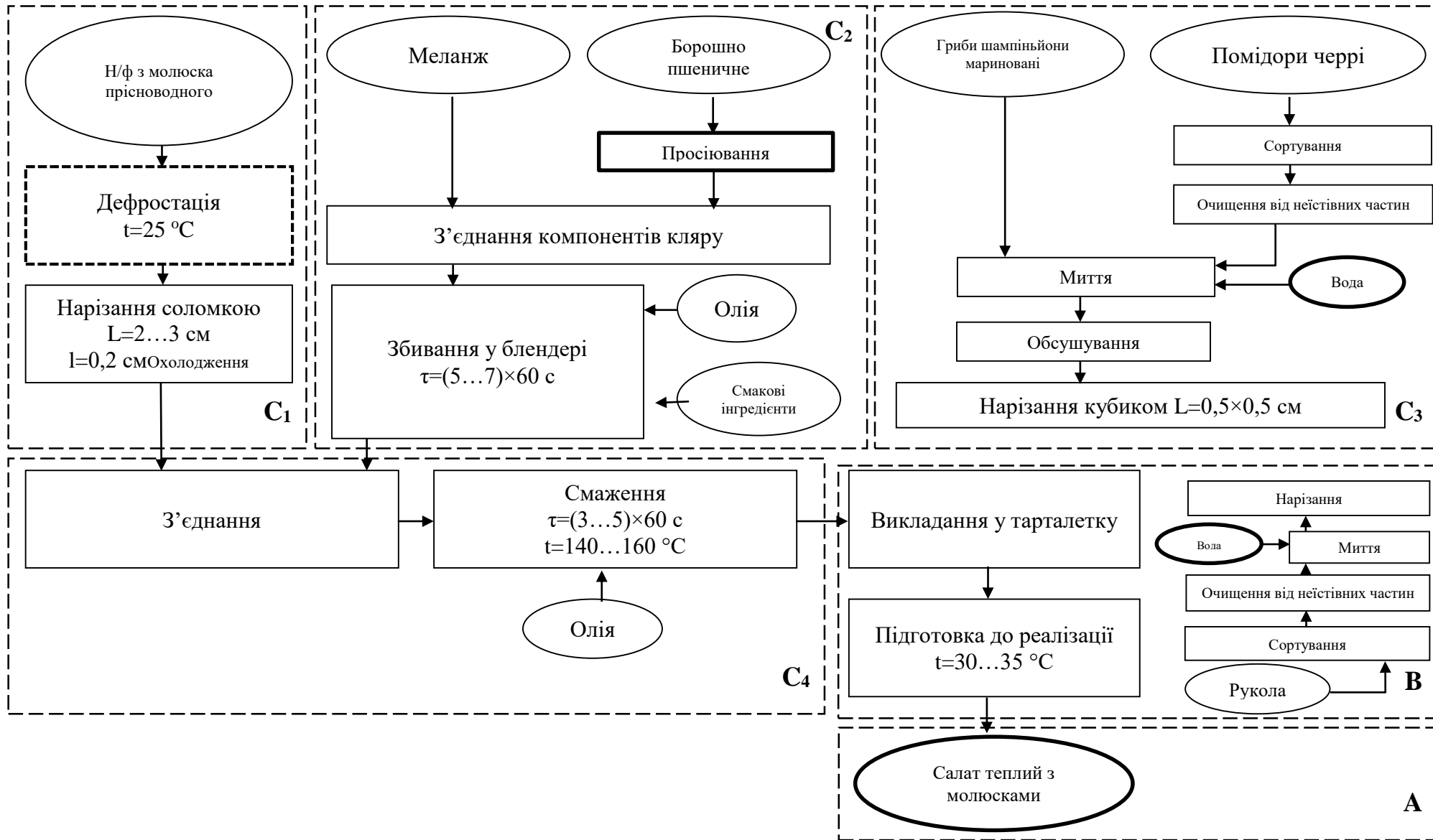


Рис. 4.18. Технологічна схема салату теплого з молюсками

Структуру технологічної системи та мету функціонування її підсистем наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

**Технологічна система виготовлення крем-супу з молюсками
прісноводними**

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A	Одержання та подача крем-супу з молюсками прісноводними	Одержання крем-супу з молюсками прісноводними з заданими фізико-хімічними, структурно-механічними властивостями, показниками якості за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей напівфабрикату з молюска прісноводного
B ₁	З'єднання компонентів страви та доведення до стану кулінарної готовності	Перемішування підготовлених компонентів та доведення до стану кулінарної готовності шляхом проведення термічної обробки – варіння
B ₂	Приготування овочевих компонентів	Припускання за наступних параметрів $\tau=15$ хвилин $t=98\dots99^{\circ}\text{C}$
C ₁	Підготовка та механічна обробка напівфабрикату з молюска прісноводного	Дефростація, нарізання
C ₂	Підготовка та механічна обробка овочевих компонентів	Зачищення від неїстівних частин, промивання, чищення, нарізання

Забезпечення високого рівня функціонування підсистеми дозволяє гарантувати якість готового крем-супу з молюсками прісноводними, а також його стабільні показники під час зберігання та реалізації.

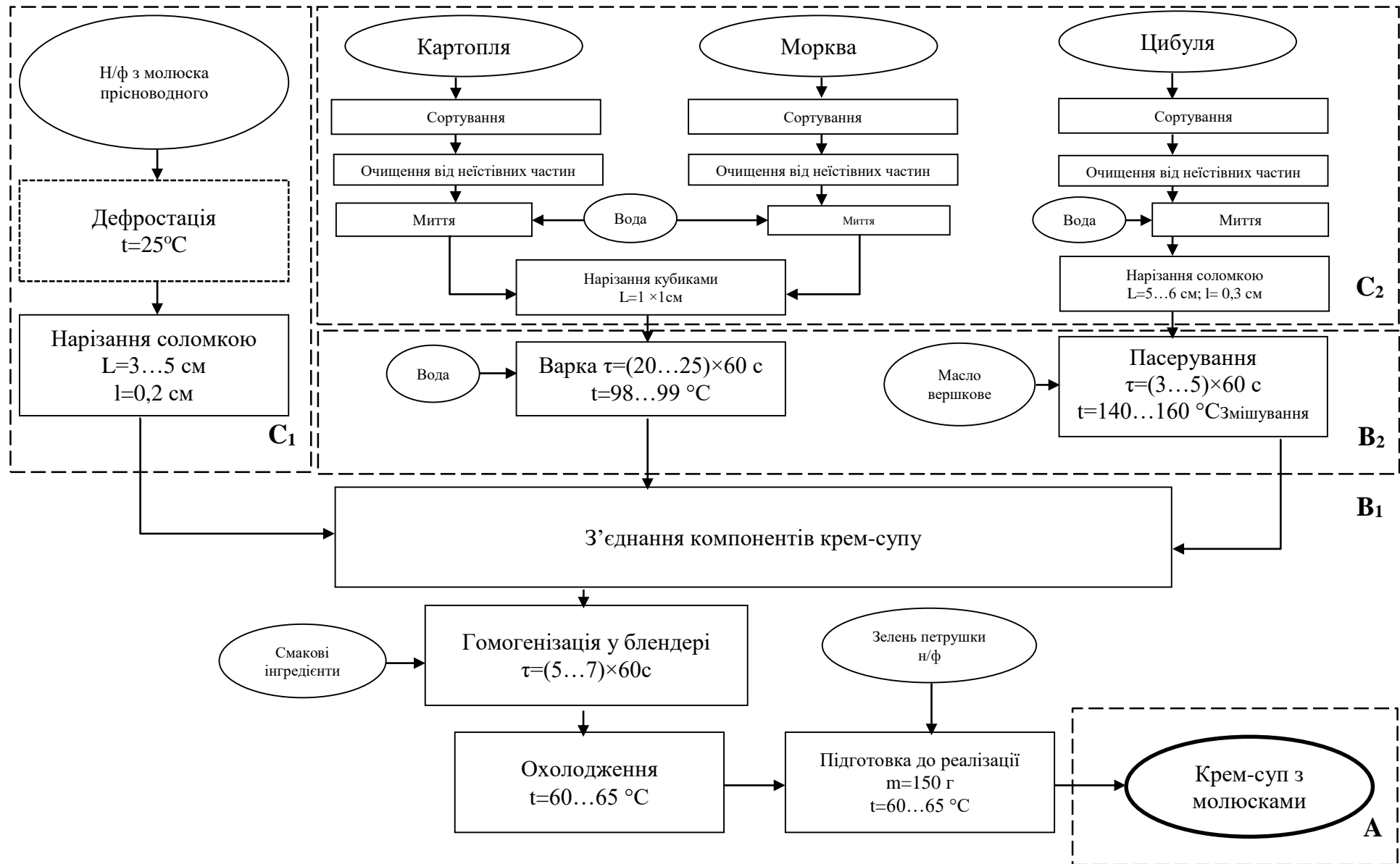


Рис. 4.19. Технологічна схема крем-супу з молюсками прісноводними

Структуру технологічної системи та мету функціонування її підсистем наведено в табл 4.14.

Таблиця 4.14

Технологічна система виготовлення ролів «Anodonta»

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A	Одержання та подача ролів «Anodonta»	Одержання ролів «Anodonta» з заданими фізико-хімічними, структурно-механічними властивостями, показниками якості за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей напівфабрикату з молюска прісноводного
B	З'єднання компонентів страви, формування та приготування	Перемішування підготовлених компонентів, викладення на водорості норі, надання форми ролу та доведення до стану кулінарної готовності шляхом нарізання певної форми та декорування
C ₁	Підготовка та механічна обробка напівфабрикату з молюска прісноводного	Дефростація, нарізання
C ₂	Підготовка та механічна обробка овочевих компонентів	Зачищення від неїстівних частин, промивання, чищення, нарізання
C ₃	Підготовка та обробка рису	Запарювання та з'єднання з яблучним оцтом
C ₄	Підготовка водоростей норі	Викладення на циновку

Забезпечення високого рівня функціонування підсистеми дозволяє гарантувати якість готових ролів «Anodonta», а також їх стабільні показники під час зберігання та реалізації.

Згідно технологічних схем сформовано рецептури жульєну з прісноводними молюсками «Річкова перлина», салату теплого з молюска прісноводного, ролів «Anodonta» та крем-супу з молюсками прісноводними. Рецептурний склад для обраних страв наведений у табл. 4.15.

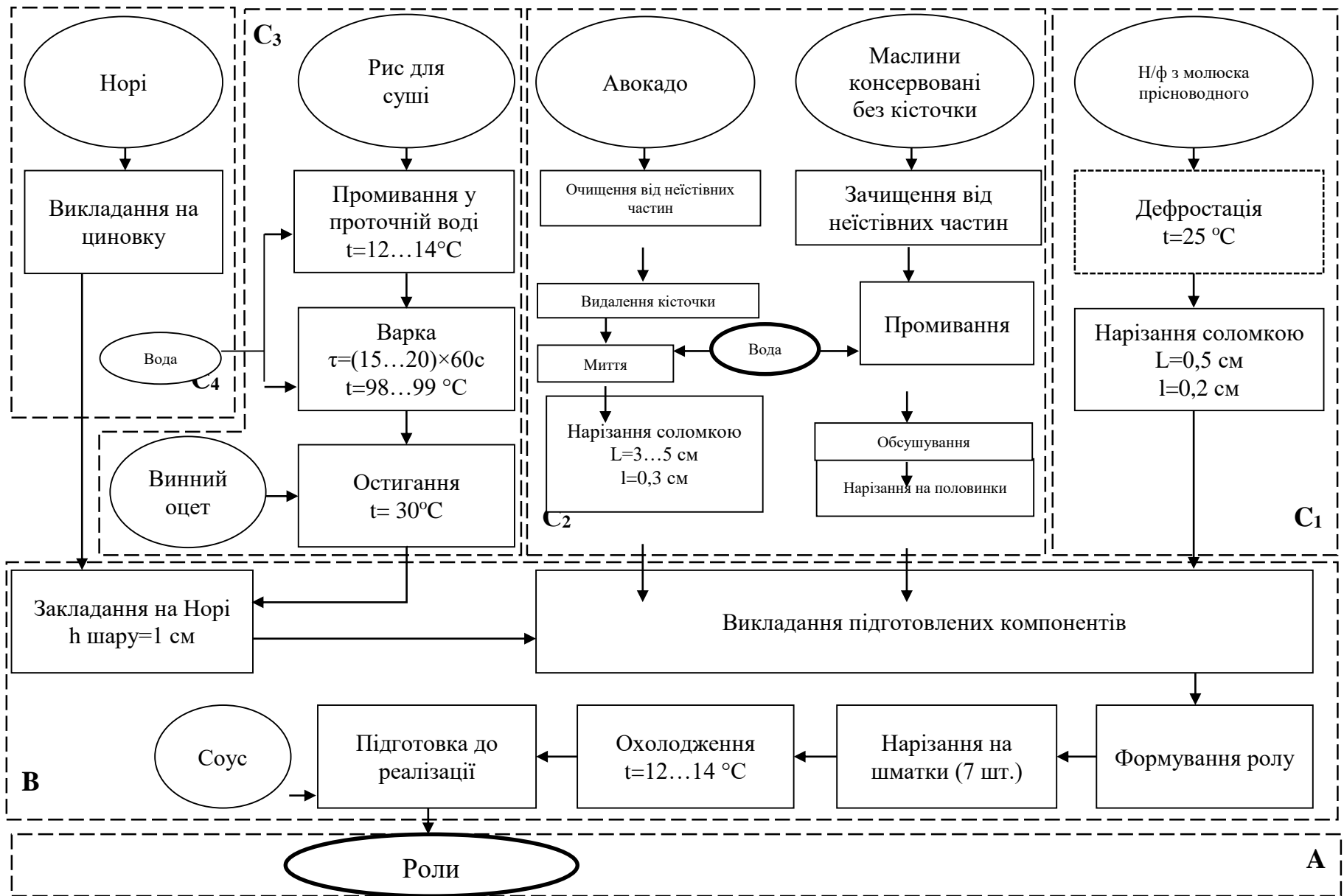


Рис. 4.20. Технологічна схема ролів «Anodonta»

Рецептурний склад страв з напівфабрикату з молюска прісноводного

Таблиця 4.15

Найменування сировини	Жульєну з прісноводними молюсками «Річкова перлина»				Теплий салат із прісноводних молюсків				Крем-суп з молюсками				Роли «Anodonta»			
	Маса сировини на 100 г		Маса сировини на 1 кг		Маса сировини на 100 г		Маса сировини на 1 кг		Маса сировини на 100 г		Маса сировини на 1 кг		Маса сировини на 100 г		Маса сировини на 1 кг	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат з молюска	–	30	–	300	–	30	–	300	–	20	–	200	–	30	–	300
Шампінйони свіжі	38,2	30	382	300	28,2	20	282	200								
Сир твердий	18	14	180	140												
Цибуля ріпчаста	20,1	15	201	150					16,4	10	164	100				
Олія	5	5	50	50	5	5	50	50								
Масло вершкове	5	5	50	50					7	7	70	70				
Сіль кухонна	0,7	0,7	7	7	0,5	0,5	5	5	0,5	0,5	5	5	1	1	10	10
Перець чорний мелений	0,3	0,3	3	3												
Борошно пшеничне					23,5	20	150	150								
Томати черрі					14,5	10	120	100								
Рукола					3	2,5	25	25								
Меланж					12,5	12	125	120								
Картопля									60,6	45	606	450				
Морква столова									18,8	15	188	150				
Цукор									0,5	0,5	5	5	2	2	20	20
Зелень петрушки									2,5	2	25	20				
Рис													44,5	40	445	400
Норі													2	2	20	20
Авокадо													17,6	15	176	150
Маслини консервовані													6,5	5	65	50
Оцет винний червоний													5	5	50	50
Всього	–	117,3	–	1173	–	117,2	–	1172		126,3	–	1263	–	108,6	–	1086
Вихід	–	100	–	1000	–	100	–	1000	–	100	–	1000	–	100	–	1000

Визначення показників якості страв та кулінарних виробів на основі напівфабрикату з молюска прісноводного та їх змін під час зберігання

Страви та кулінарні вироби на основі напівфабрикату за видом сировини, що використовується в їх рецептурах належить до принципово нової кулінарної продукції, що вперше введена на ринок України.

Створено систему заходів контролю безпеки технології (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Заходи контролю безпеки страв та кулінарних виробів на основі напівфабрикату

Вид заходу	Нормативний документ
Промислове виробництво продукції	Система НАССР
Формування технологічних властивостей напівфабрикату з молюска прісноводного	ТУ У 10.2-3316908299-001:2014
Формування технологічних властивостей кулінарних виробів	ТУ У 10.8-01566330-331:2018

Закуси, салати, перші та другі страви на основі напівфабрикату мають підлягати обов'язковому контролю, згідно з вимогами, висунутими до страв та кулінарних виробів з використанням гідробіонтів.

Характеристика показників органолептики кулінарних виробів на основі напівфабрикату з молюска прісноводного наведено на кільцевих профілограмах окремих дескрипторів. Профілограми побудовані згідно оцінки експертно-дегустаційної та наведені на рис. 4.21.

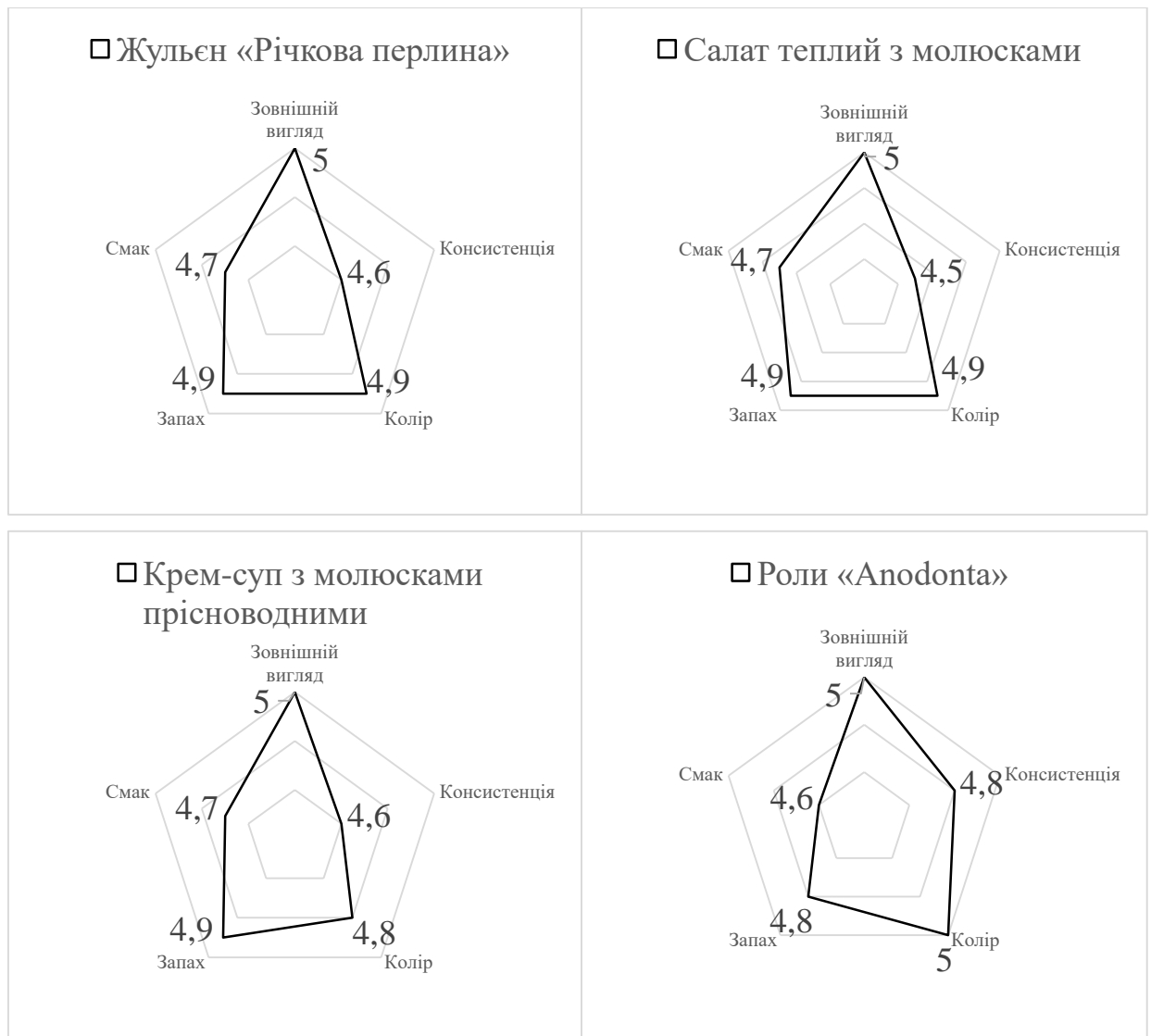


Рис. 4.21. Органолептична оцінка страв з використанням напівфабрикату

Згідно рис. 4.21 встановлено, що розроблені кулінарні вироби з молюска прісноводного мають високі органолептичні показники, що доводить їх споживчу спроможність, високий рівень попиту та конкурентоспроможність на ринку аналогічних продуктів.

Розроблені кулінарні вироби є багатокомпонентними гетерогенними системами, в яких відбуваються мікробіологічні, біохімічні та фізико-хімічні процеси. Встановлені зміни під час зберігання готових страв та кулінарних виробів. Результати дослідження хімічного складу та його зміни в процесі зберігання наведено в табл. 4.17.

Таблиця 4.17

**Хімічний склад кулінарних виробів з використанням
напівфабрикату з молюска прісноводного**

(n=5, P≥0,95)

Назва страви	Термін зберігання, год.	Хімічні показники				
		Білки, %	Жири, %	Вуглеводи, %	Мінеральні речовини, %	Волога, %
Жульєну з прісноводними молюсками «Річкова перлина»	Свіжовиготовлений	9,1	8,2	6,4	2,4	65
	6	9,1	8,2	6,4	2,4	62
Теплий салат із прісноводних молюсків	Свіжовиготовлений	8,5	2,1	16,1	2,7	78
	6	8,5	2,01	16,1	2,7	75
Крем-суп з молюсками	Свіжовиготовлений	8,6	9,1	17,5	1,6	96
	6	8,6	9,1	17,5	1,6	91
Роли «Anodonta»	Свіжовиготовлений	10,7	6,9	22,3	2,9	67
	6	10,7	6,9	22,3	2,9	65

Як видно з таблиці 5.16, протягом зазначеного терміну зберігання змін хімічного складу розроблених страв та кулінарних виробів не відбувалось, що дозволяє рекомендувати їх для реалізації в закладах ресторанного господарства протягом зазначеного терміну.

Мінеральний склад розроблених кулінарних виробів на основі напівфабрикату з молюска прісноводного з розрахунку на порцію наведено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18

**Мінеральний склад кулінарних виробів на основі напівфабрикату з
молюска прісноводного**

(n=5, P≥0,95)

Найменування мінеральних речовин	Назва страви			
	Жульєну з прісноводними молюсками «Річкова перлина»	Теплий салат із прісноводних молюсків	Крем-суп з молюсками	Роли «Anodonta»
1	2	3	4	5
Кальцій, мг/100г	292,7	302,3	315,9	295,6
Фосфор, мг/100г	391,7	401,0	421,2	434,1
Магній, мг/100г	220,4	190,6	199,1	255,1
Мідь, мкг/100г	41,6	37,0	37,9	42,1
Марганець, мг/ 100г	5,2	6,4	5,7	6,7
Цинк, мг/100г	0,9	0,73	0,79	0,68
Залізо, мг/100г	11,6	5,0	4,1	7,1
Селен, мкг/100г	11,0	11,7	11,4	11,2
Йод, мкг/100г	65,0	64,0	47,0	97,0

Суттєвої уваги заслуговують показники безпеки, що характеризуються наявністю в харчових продуктах токсичних елементів (табл. 4.19).

**Вміст токсичних елементів у кулінарних виробих на основі
напівфабрикату з молюска прісноводного**

(n=5, P≥0,95)

Найменування страви	Найменування показників					
	Свинець	Миш'як	Кадмій	Ртуть	Мідь	Цинк
	Припустимі рівні, мг/кг, не більше					
	0,50	0,20	0,10	0,01	10,00	50,00
	Фактичний вміст, мг/кг					
Жульєн з прісноводними молюсками «Річкова перлина», %	0,05	0,04	не виявлен.	не виявлен.	0,24	1,52
Салат теплий з молюска прісноводного, %	0,05	0,04	не виявлен.	не виявлен.	0,24	1,52
Роли «Anodonta», %	0,05	0,04	не виявлен.	не виявлен.	0,24	1,52
Крем-суп з молюсками прісноводними, %	0,05	0,04	не виявлен.	не виявлен.	0,24	1,52

Токсикологічні дослідження довели, що за показниками безпеки розроблені кулінарні вироби задовольняють токсикологічні вимоги. Для перевірки рівня безпеки, розроблені кулінарні вироби на основі напівфабрикату досліджувалися на мікробіологічну чистоту одразу після виготовлення та під час зберігання, табл. 4.20.

**Мікробіологічні показники кулінарних виробів на основі
напівфабрикату з молюска прісноводного під час зберігання**

(n=5, P≥0,95)

Найменування страви		Найменування показників			
		Кількість МАФАМ, КУО в 1 г, не більше	БГКП коліформи, в 0,1 г	Патогенні мікроорг., у т. ч. бактерії роду Salmonella, в 25 г	Плісеневі гри би та дріжджі, КУО в 1 г, не більше
		Нормовані показники			
		5×10 ⁴	не допускається	не допускається	1×10 ²
		Фактичне значення			
Жульєн з прісноводними молюсками «Річкова перлина», %	Свіжовигот.	до 10	не виявлено	не виявлено	не виявлено
	12 год.	без змін	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Салат теплий з молюска прісноводного, %	Свіжовигот.	до 10	не виявлено	не виявлено	не виявлено
	12 год.	без змін	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Роли «Anodonta», %	Свіжовигот.	до 10	не виявлено	не виявлено	не виявлено
	12 год.	без змін	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Крем-суп з молюсками прісноводн., %	Свіжовигот.	до 10	не виявлено	не виявлено	не виявлено
	12 год.	без змін	не виявлено	не виявлено	не виявлено

За результатами табл. 4.20, доведено безпечність розроблених кулінарних виробів на основі напівфабрикату з молюска прісноводного. Оскільки мікробіологічних змін у розробленій продукції не виявлено, то її реалізацію протягом вказаного терміну в закладах ресторанного господарства дозволена.

4.2 Експериментальні дослідження радіомодифікуючих властивостей дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду при тотальному опроміненні організму

4.2.1 Клінічна оцінка дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за інтегральними показниками виживаності (смертності) тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр

Проведені клінічні спостереження показали, що при тотальному опроміненні тварин у дозі 7,0 Гр виникала гостра променева хвороба (ГПХ) за усіма характерними клінічними проявами кишкового (здуття живота, діарея) та кістково-мозкового (крововиливи у слизові оболонки, кірки на очах і носі, геморагічні прояви) синдромів ГПХ. Починаючи з 1 доби, опромінені тварини ставали млявими, малорухомими, відмовлялися від їжі, шерстний покрив був скуйовдженим, часто виникала діарея, зі слизуватих очей і носа спостерігалися криваві витікання та відбувалися геморагії.

Як видно з даних, у жодного з опромінених тварин у контрольній групі не було задовільного стану. При контрольному опроміненні в'ялий стан і скуйовдженість спостерігалися у $(88,9 \pm 3,1) \%$ і $(91,8 \pm 2,8) \%$ тварин та діарея виникала, починаючи з 1 доби, в $(39,5 \pm 2,1) \%$ випадків. Клінічні прояви кістково-мозкового синдрому, у першу чергу, крововиливи (геморагії) та кірки на очах і носі розгорталися у $(78,5 \pm 2,3) \%$ і $(71,2 \pm 3,9) \%$ тварин з контрольним опроміненням. Використання досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою, починаючи з 1 доби, і надалі, протягом 28 днів після опромінення, практично не впливало на загальний стан (в'ялий стан, скуйовдженість) тварин у перші 3 доби після опромінення, але ж при вживанні сполуки селену вірогідно знижувало частоту виникнення діареї в 1,21рази ($p=0,012$).

Разом з тим, вживання дієтичної добавки на основі хелатів селену, починаючи з 1 доби, сприяло вірогідному зниженню частоти виникнення

клінічних проявів кістково-мозкового синдрому (кірки на очах і носі, білі вуха та геморагії) відповідно у 1,13 рази ($p = 0,041$), 1,04 рази ($p = 0,049$) і 1,19 рази ($p=0,018$), при цьому вживання дієтичної добавки на основі хелатів йоду було менш ефективним (табл. 4.21).

Таблиця 4. 21

Клінічні ознаки ГПХ (частота, %) тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Клінічна ознака ГПХ	Частота, %				
	O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	P _{1(χ²)}	P _{2(χ²)}
Щури, що вижили (n ₂)					
Задовільний стан	6	14	9		
В'ялий стан	88,9 ± 9,1	84,5 ± 9,5	86,2 ± 9,2	0,350	0,554
Скуйовдженість	91,8 ± 10,2	83,3 ± 9,3	90,2 ± 9,8	0,085	0,745
Здуття живота	44,0 ± 5,9	40,2 ± 5,2	42,5 ± 5,7	0,278	0,676
Діарея	39,5 ± 5,1	32,7 ± 4,9	35,0 ± 5,8	0,012	0,118
Кірки на очах, носі	71,2 ± 8,3	62,9 ± 7,5	69,0 ± 8,1	0,041	0,618
Білі вуха	55,8 ± 5,7	50,3 ± 5,5	52,9 ± 5,9	0,049	0,362
Набряк слизової порожнини рота	41,8 ± 5,6	38,1 ± 4,8	41,7 ± 5,0	0,149	0,972
Крововиливи (геморагії)	78,5 ± 9,3	65,8 ± 7,0	68,8 ± 6,5	0,018	0,176

Примітки:

1. $P_{1(\chi^2)}$ – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0}$
2. $P_{2(\chi^2)}$ – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0}$

Як можна побачити з даних, приведених у табл. 4.22, використання обох дієтичних добавок на основі хелатів за профілактично - лікувальною схемою протягом 5 днів до опромінення та 5 днів після опромінення було більш ефективним для поліпшення клінічного стану опромінених тварин, що виражалося у зниженні виникнення в'ялого стану відповідно в 1,12 рази ($p = 0,020$) і 1,13 рази ($p = 0,052$), при цьому у тварин, що вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену, діарея виникала в 1,17 разів ($p = 0,024$) менше, ніж у тварин з контрольним опроміненням. При вживанні обох дієтичних добавок на основі хелатів за профілактично-лікувальною схемою спостерігалось вірогідне зниження клінічних проявів кровотворного синдрому за такими ознаками, як білі вуха – у 1,20 рази ($p = 0,028$) та 1,18 рази ($p = 0,010$) та крововиливи (геморагії) – у 1,16 рази ($p = 0,020$) та 1,14 рази ($p = 0,054$) порівняно з опроміненим контролем.

Таблиця 4. 22

Клінічні ознаки ГПХ (частота, %) тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів сполук селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Клінічна ознака ГПХ	Частота, %				
	$O_{7,0}$	$Se + O_{7,0}$	$I + O_{7,0}$	$P_{1(\chi^2)}$	$P_{2(\chi^2)}$
Щури, що вижили (n_2)	6	15	15		
Задовільний стан	0	0	0		

Продовження таблиці 4.22

В'ялий стан	88,9 ± 9,1	78,4 ± 8,2	79,3 ± 8,1	0,020	0,052
Скуйовдженість	91,8 ±10,2	86,8 ± 9,5	82,4 ± 9,9	0,305	0,098
Здуття живота	44,0 ± 5,9	38,4 ± 5,0	41,2 ± 5,3	0,043	0,355
Діарея	39,5 ± 5,1	33,7 ± 4,7	37,8 ± 4,4	0,024	0,503
Кірки на очах, носі	71,2 ± 8,3	59,1 ± 7,3	67,8 ± 7,1	0,004	0,410
Білі вуха	55,8 ± 5,7	46,2 ± 5,5	47,5 ± 5,2	0,028	0,010
Набряк слизової порожнини рота	41,8 ± 5,6	35,8 ± 5,0	39,6 ± 4,9	0,029	0,425
Крововиливи (геморагії)	78,5 ± 9,3	67,5 ± 8,7	68,9 ± 8,1	0,020	0,054

Примітки:

1. $P_{1(\chi^2)}$ – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$
2. $P_{2(\chi^2)}$ – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Клінічні спостереження кишкового і кістково-мозкового синдромів ГПХ супроводжувалися пострадіаційною загибеллю тварин протягом 30 днів після опромінення. Як видно з даних, наведених у табл. 4.23, при контрольному опроміненні у дозі 7,0 Гр, пострадіаційна загибель тварин починалася з 7 доби і надалі прогресивно зростала до $(76,0 \pm 8,9)$ %, тобто загальна летальність за 30 днів визначалася як $LD_{76/30}$ та індекс летальності (ІЛ) складав 6,49 % на добу.

**Показник смертності (%) тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при
вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за різними
схемами**

Серії досліді в	Дослід	n	n ₁	n ₂	Смертніст ь за 30 днів, ($\bar{X} \pm S\bar{X}$) %	Порівнюван і досліді	p _{ТМФ}
1	O _{7,0}	25	19	6	75,0 ± 8,9		
2	Se + O _{7,0}	29	15	14	51,7 ± 6,8	1–2	0,040
3	Se + O _{7,0} + Se	28	13	15	46,4 ± 7,5	1–3	0,030
4	I + O _{7,0}	29	20	9	68,9 ± 9,5	2–3	0,509
5	O _{7,0} + I	29	14	15	48,2 ± 7,8	1–4	0,345

Примітки:

1. n – загальна кількість щурів.
2. n₁ – кількість щурів, що загинули.
3. n₂ – кількість щурів, що вижили.

При вживанні дієтичної добавки на основі хелатів селену у лікувальному режимі, інтегральний показник пострадіаційної летальності тварин достовірно знижувався в 1,47 рази (p_{ТМФ} = 0,040) та дорівнював ЛД_{52/30}. ІЛ зменшувався практично у 2 рази і складав 3,09 % на добу.

Водночас, випробування дієтичної добавки на основі хелатів йоду за такою ж схемою не чинило значущих змін пострадіаційної летальності тварин відносно

контролю, що у проведених дослідях визначало $LD_{69/30}$ та ІЛ дорівнював 5,79 % на добу.

Разом з тим, вживанні обох дієтичних добавок на основі хелатів у профілактично-лікувальному режимі було більш ефективним. В усіх проведених дослідях істотно поліпшувалися показники виживання опромінених щурів та їхня летальність достовірно знижувалася у разі дієтичної добавки на основі хелатів селену – в 1,63 рази ($p_{ТМФ} = 0,030$) та дієтичної добавки на основі хелатів йоду – в 1,57 рази ($p_{ТМФ} = 0,027$), що визначало відповідно $LD_{46/30}$ і $LD_{48/30}$.

Водночас ІЛ у дослідях з профілактично-лікувальним режимом уведення обох сполук знижувався до значень 2,91 % та 2,97 % на добу (рис. 4.22).

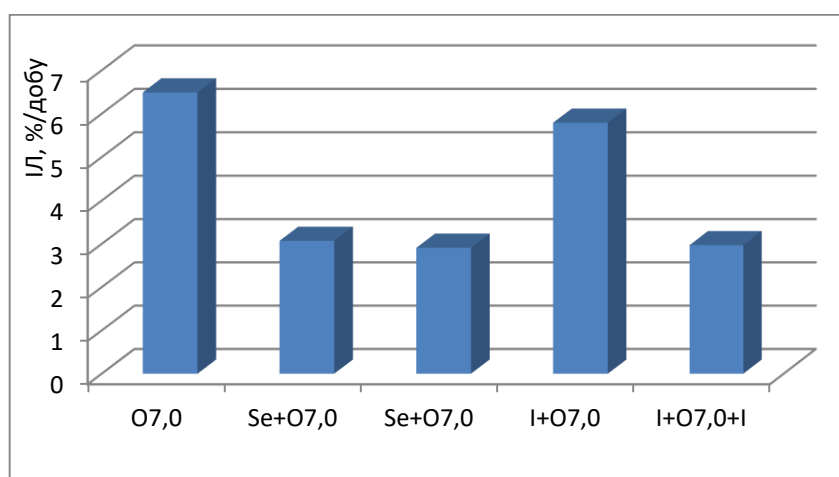


Рис. 4.22. Індекс летальності тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за різними схемами

Показник середньої тривалості життя (СТЖ) для загиблих тварин у дослідях з контрольним опроміненням не перевищував $(11,7 \pm 0,8)$ доби (табл. 4.24).

Показник СТЖ (доба) тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за різними схемами

Серії дослідів	Дослід	n	n ₁	n ₂	СТЖ, ($\bar{X} \pm S\bar{X}$) доба	Порівнювані дослідів	p _{Манна-Уїтні}
1	O _{7,0}	25	19	6	11,7 ± 0,8		
2	Se + O _{7,0}	29	15	14	16,7 ± 1,5	1–2	0,003
3	Se + O _{7,0} + Se	28	13	15	15,9 ± 1,0	1–3	0,001
4	I + O _{7,0}	29	20	9	11,9 ± 0,9	2–3	0,456
5	O _{7,0} + I	29	14	15	16,2 ± 1,2	1–4	0,663

Примітки:

1. n – загальна кількість щурів.
2. n₁ – кількість щурів, що загинули.
3. n₂ – кількість щурів, що вижили.

При використанні дієтичної добавки на основі хелатів селену ефективність визначалася при обох режимах уведення. Відповідно, при вживанні дієтичної добавки на основі хелатів селену за лікувальною схемою показник СТЖ для опромінених тварин достовірно зростав в 1,43 рази (p_{Манна-Уїтні} = 0,003), за профілактично-лікувальною схемою – в 1,35 рази (p_{Манна-Уїтні} = 0,001) порівняно з контрольним опроміненням.

У разі уведення дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною схемою не було виявлено помітних розбіжностей з опроміненним контролем, але ефективним для цієї дієтичної добавки на основі хелатів був профілактично-лікувальний режим застосування, за яким сумарна СТЖ для загиблих тварин збільшувалася в 1,36 рази (p_{Манна-Уїтні} = 0,002) відносно

контролю. На рис. 4.23. і 4.24. приведені «криві виживання» опромінених тварин, що відображають динаміку загибелі тварин при контрольному опроміненні у дозі 7,0 Гр та вживанням дієтичних добавок на основі хелатів селену і йоду за різними схемами.

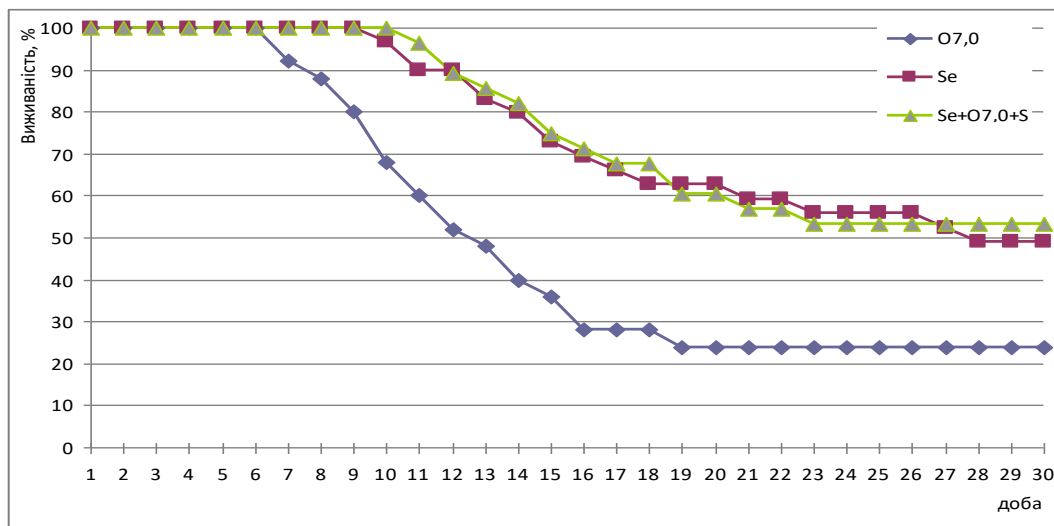


Рис. 4.23. Виживання тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичної добавки на основі хелатів селену за лікувальною і профілактично-лікувальною схемами

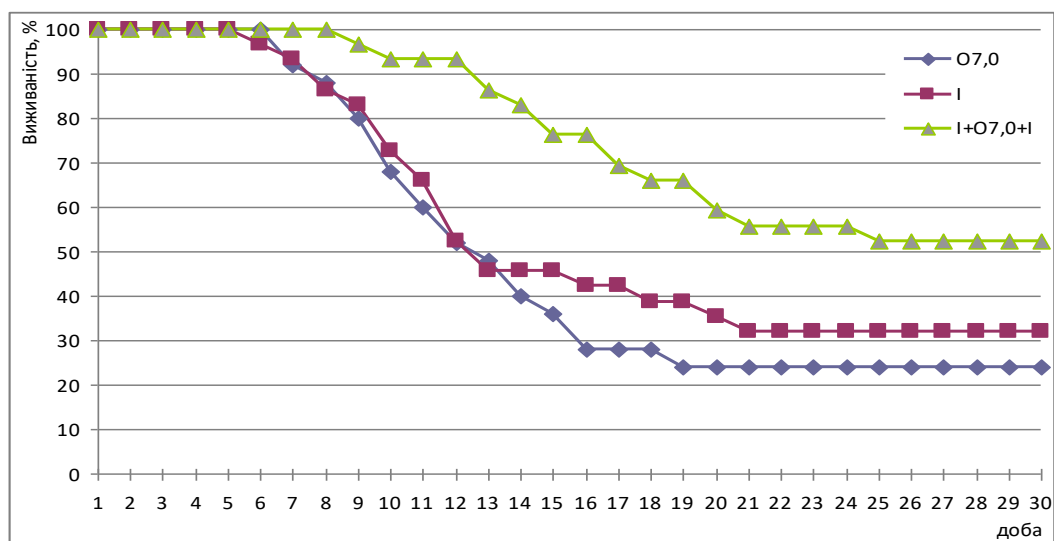


Рис. 4.24. Виживання тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною і профілактично-лікувальною схемами

Для оцінки термінів ранньої та пізньої загибелі тварин у проведених дослідах проводили аналіз «кривих виживання» з визначенням медіани (Me), тобто доби, протягом якої виживає 50 % тварин та відсотків виживання, протягом яких виживає відповідно 75 % і 25 % тварин.

Згідно з даними, наведеними в табл. 4.25, при контрольному опроміненні у дозі 7,0 Гр розрахована Me виживання складала лише 12,5 днів та основна кількість тварин гинула у ранньому періоді (75 % виживання – 9,8 днів та 25 % виживання – 18,8 днів). При випробуванні дієтичних добавок на основі хелатів селену за лікувальною схемою була встановлена її ефективність у зниженні інтенсивності ранньої загибелі опромінених тварин за зростанням Me до 27,5 днів та подовженням термінів 75 % виживання до 14,5 днів та 25 % виживання > 30 днів. Використання дієтичної добавки на основі хелатів йоду за цією ж схемою не відтермінувало ранньої загибелі за показниками Me – 12,5 днів та 75 % виживання – 10,5 днів, що були майже такими, як при контрольному опроміненні, але ж знижувалася інтенсивність пізньої загибелі за 25 % виживання, що складала більше 30 діб.

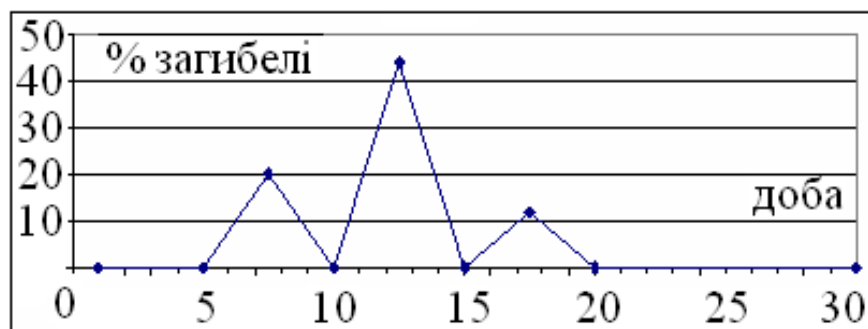
Таблиця 4.25

Медіана та відсотків виживаності тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за різними схемами

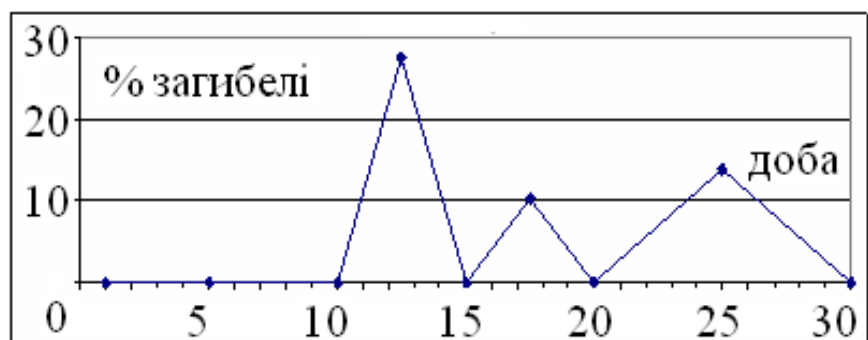
Серії дослідів	Дослід	n	n ₁	n ₂	Вживаність, дата		
					Me	75%	25%
1	O _{7,0}	25	19	6	12,5	9,8	18,8
2	Se + O _{7,0}	28	15	14	27,5	14,5	>30
3	Se + O _{7,0} + Se	28	13	15	42	14,5	>30
4	I + O _{7,0}	29	20	9	12,5	10,5	>30
5	O _{7,0} + I	29	14	15	44	16	>30

Примітки:

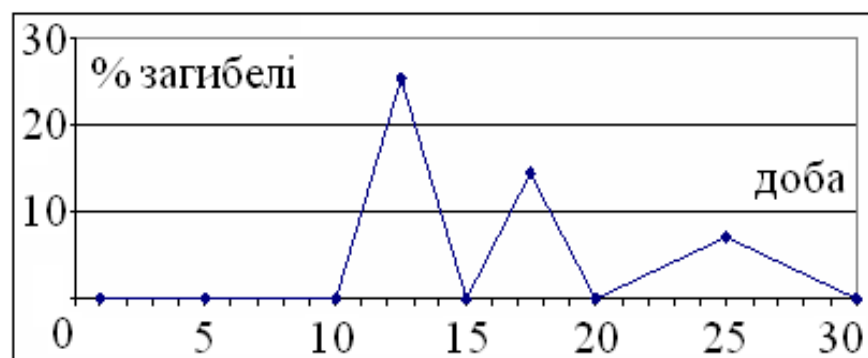
1. n – загальна кількість щурів.
2. n_1 – кількість щурів, що загинули.
3. n_2 – кількість щурів, що вижили.



а



б



в

Рис. 4.25. Піки загибелі щурів, опроміненних у дозі 7,0 Гр, за умови вживання дієтичної добавки на основі хелатів селену: а – контрольне опромінення; б – опромінення за лікувальною схемою; в – опромінення за профілактично-лікувальною схемою

Виявлена ефективність дієтичної добавки на основі хелатів селену при застосуванні за лікувальною та профілактично-лікувальною схемами визначалася у відтермінування ранньої кістково-мозкової загибелі (відсутність II піка) та помітному зниженні III піку летальності до 27,6 % та 25,0 %, що не позбавляло від випадків пізньої загибелі, яка у період з 20 по 30 добу складала відповідно 13,8 % і 7,1 %.

При випробуванні дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною схемою встановлена активність у ранній період була меншою порівняно зі дієтичною добавкою на основі хелатів селену, але ж при вживанні за профілактично-лікувальною схемою відбувалося зменшення летальності тварин у пізні терміни після опромінення до 3,4 % і 6,9 % порівняно зі дієтичною добавкою на основі хелатів селену (рис. 4.26).

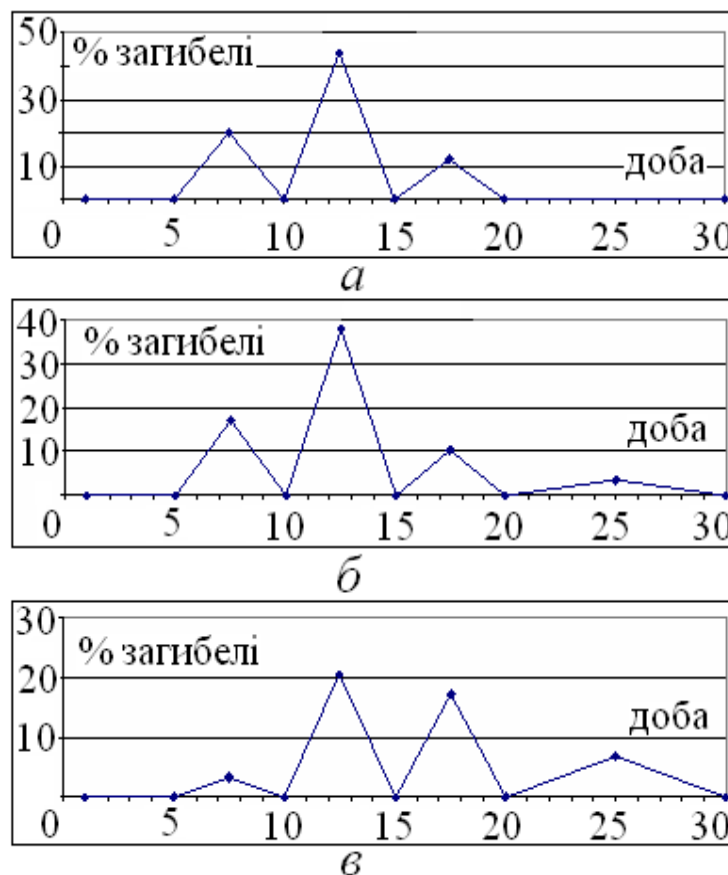


Рис. 4.26. Піки загибелі щурів, опроміненних у дозі 7,0 Гр, за умови вживання дієтичної добавки на основі хелатів йоду: *а* – контрольне опромінення; *б* – опромінення за лікувальною схемою; *в* – опромінення за профілактично-лікувальною схемою

Проведені гематологічні дослідження показали, що при контрольному опроміненні у дозі 7,0 Гр у тварин розгорталася гостра лейкопенія, що виражалось в істотному зниженні кількості лейкоцитів у периферичній крові на 7 добу – в 2,12 рази ($p = 0,001$) та на 14 добу – в 1,71 рази ($p = 0,001$) відносно інтактного контролю. При цьому, рівень лейкоцитів залишався зниженим також на 30 добу спостережень. Як свідчать дані, наведені у табл. 4.26, вживання дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою суттєво не впливало на значення показника на 7 і 14 добу порівняно з контрольним опроміненням, але ж прискорювало темпи відновлення кількості лейкоцитів на 30 добу після опромінення.

Таблиця 4.26

Кількість лейкоцитів ($\times 10^9/\text{л}$) у крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	5,15 ± 0,24					
7 доба	12	2,43 ± 0,15	2,71 ± 0,19	2,57 ± 0,18	0,001	0,260	0,556
14 доба	15	3,01 ± 0,22	3,57 ± 0,21	2,98 ± 0,20	0,001	0,076	0,920
30 доба	15	4,58 ± 0,24	5,52 ± 0,22	5,25 ± 0,19	0,121	0,007	0,037

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

При використанні дієтичної добавки на основі хелатів селену за профілактично-лікувальною схемою, кількість лейкоцитів у периферичній

крові на 7 добу в 1,32 рази ($p = 0,021$) перевищувала рівень в опромінену контролі. Також, при профілактично-лікувальному застосуванні обох дієтичних добавок на основі хелатів однаково, на 14 добу, значення показника були вірогідно збільшеними в 1,39 ($p = 0,001$) і 1,31 ($p = 0,009$) рази відносно опроміненого контролю та на 30 добу відновлювалися до рівню в інтактному контролі (табл. 4.27).

Таблиця 4.27

Кількість лейкоцитів ($\times 10^9/\text{л}$) у крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		$O_{7,0}$	Se + $O_{7,0} + \text{Se}$	I + $O_{7,0} + \text{I}$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	$5,15 \pm 0,24$					
7 доба	12	$2,43 \pm 0,15$	$3,21 \pm 0,20$	$2,97 \pm 0,21$	0,001	0,021	0,105
14 доба	15	$3,01 \pm 0,22$	$4,17 \pm 0,23$	$3,95 \pm 0,25$	0,001	0,001	0,009
30 доба	15	$4,58 \pm 0,24$	$5,28 \pm 0,21$	$5,22 \pm 0,20$	0,121	0,037	0,050

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з Se + $O_{7,0} + \text{Se}$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з I + $O_{7,0} + \text{I}$

У проведених дослідях, кількість еритроцитів у периферичної крові опромінених тварин прогресивно знижувалася, починаючи з 14 доби і на 30 добу була в 1,53 рази ($p = 0,001$) зменшеною порівняно з інтактним контролем.

Використання дієтичної добавки на основі хелатів селену за обома випробуваними схемами було однаково ефективним щодо попередження падінню рівня еритроцитів на 7 і 14 добу після опромінення.

Крім того, вживання дієтичної добавки на основі хелатів селену запобігало розвитку стійкої еритроцитопенії (анемії) на 30 добу після опромінення (табл. 4.28).

Таблиця 4.28

Кількість еритроцитів ($\times 10^{12}/\text{л}$) у крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	7,31 ± 0,32					
7 доба	12	7,25 ± 0,29	7,21 ± 0,35	6,74 ± 0,33	0,891	0,931	0,857
14 доба	15	6,45 ± 0,25	7,57 ± 0,30	6,17 ± 0,35	0,043	0,008	0,506
30 доба	15	4,76 ± 0,27	6,21 ± 0,32	6,15 ± 0,30	0,001	0,002	0,002

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Наприкінці дослідів, на 30 добу, кількість еритроцитів у периферичної крові опромінених тварин, що вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену за лікувальною схемою була вірогідно підвищеною в 1,35 рази (p = 0,001), за профілактично-лікувальною схемою – в 1,38 рази (p = 0,001) порівняно з контрольним опроміненням (табл. 4.28).

Близькі за характером зміни спостерігалися при використанні дієтичної добавки на основі хелатів йоду за обома випробуваними схемами, але ж вони були менш виражені порівняно зі дієтичною добавкою на основі хелатів селену (табл. 4.29).

Таблиця 4.29

Кількість еритроцитів ($\times 10^{12}/л$) у крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0} + Se	I + O _{7,0} + I	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	7,31 ± 0,32					
7 доба	12	7,25 ± 0,29	7,17 ± 0,31	7,04 ± 0,35	0,891	0,852	0,649
14 доба	15	6,45 ± 0,30	7,37 ± 0,33	6,24 ± 0,27	0,043	0,049	0,607
30 доба	15	4,76 ± 0,27	6,58 ± 0,29	5,97 ± 0,31	0,001	0,001	0,006

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0} + Se
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0} + I

У проведених дослідях вживання дієтичної добавки на основі хелатів селену за обома схемами призводило на 14 добу до збереження кількості тромбоцитів практично на рівні інтактних тварин. Встановлена ефективність дієтичної добавки на основі хелатів селену на 30 добу проявлялася у попередженні тромбоцитопенії за збереженням рівню тромбоцитів у крові відповідно в 1,28 рази (p = 0,015) і 1,26 рази (p = 0,013) збільшеним порівняно

з опроміненим контролем. Використання дієтичної добавки на основі хелатів йоду за обома випробуваними схемами було менш ефективним.

Таблиця 4.30

Кількість тромбоцитів ($\times 10^9/\text{л}$) у крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	682,3 ± 38,8					
7 доба	12	678,2 ± 37,2	632,4 ± 39,1	617,7 ± 35,7	0,395	0,429	0,279
14 доба	15	557,8 ± 34,7	658,3 ± 41,8	525,2 ± 39,3	0,197	0,075	0,539
30 доба	15	465,9 ± 32,4	594,2 ± 34,0	554,7 ± 32,1	0,004	0,013	0,071

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Таблиця 4.31

Кількість тромбоцитів ($\times 10^9/\text{л}$) у крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0} + Se	I + O _{7,0} + I	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	682,3 ± 38,8					
7 доба	12	678,2 ± 37,2	674,4 ± 39,1	637,5 ± 36,8	0,395	0,945	0,445

14 доба	15	557,8 ± 34,7	652,3 ± 33,3	565,2 ± 34,3	0,197	0,171	0,881
30 доба	15	465,9 ± 32,4	587,9 ± 32,1	537,4 ± 31,5	0,004	0,015	0,138

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Таким чином, результати гематологічних досліджень виявили ефективність дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду при вживанні за лікувальною і профілактично-лікувальною схемами для попередження падіння кількості клітин лейкоцитів, еритроцитів та тромбоцитів у периферичній крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр.

4.2.3 Біохімічні показники сироватки крові тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду

Результати проведених біохімічних досліджень сироватки крові тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду представлені у табл. 4.32 – 4.43. Як свідчать дані, приведені у табл. 4.32, у тварин з контрольним опроміненням показник загального білка у сироватці крові вірогідно знижувався на 7 і 14 добу відповідно в 1,40 ($p = 0,003$) і 1,44 ($p = 0,002$) рази та на 30 добу не досягав рівню в інтактних тварин.

Загальний білок (г/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	68,9 ± 4,2					
7 доба	12	49,1 ± 3,3	53,4 ± 3,9	49,3 ± 3,5	0,003	0,409	0,967
14 доба	15	47,7 ± 4,0	62,9 ± 4,7	57,2 ± 4,3	0,002	0,013	0,117
30 доба	15	55,8 ± 4,9	67,9 ± 5,1	59,4 ± 4,6	0,071	0,098	0,596

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

У піддослідних тварин, що одержували дієтичну добавку на основі хелатів селену за обома схемами, падіння показника на 7 добу було менш вираженим порівняно з контрольним опроміненням. На 14 добу після опромінення у тварин, що вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену, рівень загального білка у сироватці крові достовірно зростав відповідно у 1,31 (p = 0,013) і 1,38 (p = 0,005) разів і практично нормалізувався до рівню в інтактних тварин та зберігався таким на 30 добу.

При використанні дієтичної добавки на основі хелатів йоду спостерігалася така ж тенденція у змінах рівню загального білка у сироватці крові, але ж більш ефективною була профілактично-лікувальна схема застосування цієї дієтичної добавки (табл. 4.33).

Загальний білок (г/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0} + Se	I + O _{7,0} + I	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	68,9 ± 4,2					
7 доба	12	49,1 ± 3,3	59,3 ± 4,9	51,4 ± 4,5	0,003	0,098	0,684
14 доба	15	47,7 ± 4,0	65,6 ± 4,4	55,2 ± 4,7	0,002	0,005	0,234
30 доба	15	55,8 ± 4,9	69,8 ± 5,0	61,7 ± 5,8	0,061	0,054	0,397

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0} + Se
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0} + I

Схожі зміни простежувалися для сироваткового альбуміну, показник якого в опромінених тварин на 7 добу вірогідно знижувався в 1,61 рази (p = 0,001) та залишався зниженим на 14 і 30 добу спостережень.

Використання дієтичної добавки на основі хелатів селену за обома схемами попереджало зниження рівня альбуміну на 7 добу відповідно в 1,33 (p = 0,001) і 1,19 (p = 0,001) рази.

У разі використання дієтичної добавки на основі хелатів йоду, достовірні зміни рівню альбуміну відбувалися при випробуванні профілактично-лікувальної схеми застосування цієї дієтичної добавки (табл. 4.34 – 4.35).

Таблиця 4.34

**Альбумін (г/л) в сироватці тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при
вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за
лікувальною схемою**

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	32,8 ± 1,8					
7 доба	12	20,4 ± 1,4	27,3 ± 1,7	23,1 ± 1,5	0,001	0,005	0,202
14 доба	15	26,9 ± 1,7	29,7 ± 1,6	26,4 ± 1,7	0,030	0,240	0,837
30 доба	15	27,8 ± 1,6	30,2 ± 2,0	30,7 ± 1,9	0,053	0,357	0,253

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Таблиця 4.35

**Альбумін (г/л) в сироватці тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при
вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за
профілактично – лікувальною схемою**

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0} + Se	I + O _{7,0} + I	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	32,8 ± 1,8					
7 доба	12	20,4 ± 1,4	29,2 ± 1,9	24,3 ± 1,2	0,001	0,001	0,046
14 доба	15	26,9 ± 1,7	30,7 ± 1,8	29,4 ± 1,5	0,030	0,136	0,280
30 доба	15	27,8 ± 2,1	31,2 ± 2,0	30,1 ± 2,2	0,053	0,201	0,282

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Як видно з даних, наведених у табл. 4.36, показник загального білірубіну в сироватці крові опромінених тварин вірогідно знижувався на 7 добу – в 1,40 рази ($p = 0,031$), на 14 добу – в 1,40 рази ($p = 0,039$), та надалі не нормалізувався на 30 добу після опромінення.

Разом з тим, у піддослідних тварин, які вживали дієтичні добавки на основі хелатів селену та йоду за лікувальною та профілактично-лікувальною схемами, вміст загального білірубіну в сироватці крові залишався достовірно не зміненим від інтактних тварин, при цьому застосування дієтичної добавки на основі хелатів селену було більш ефективним.

Таблиця 4.36

Загальний білірубін (мкмоль/л) в сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		$O_{7,0}$	$Se + O_{7,0}$	$I + O_{7,0}$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	$21,3 \pm 1,9$					
7 доба	12	$15,2 \pm 1,8$	$20,4 \pm 1,7$	$19,1 \pm 2,1$	0,031	0,047	0,173
14 доба	15	$14,7 \pm 1,9$	$19,8 \pm 1,5$	$16,1 \pm 1,7$	0,039	0,044	0,587
30 доба	15	$18,4 \pm 2,0$	$21,2 \pm 1,8$	$19,7 \pm 2,1$	0,378	0,307	0,657

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0}$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0}$

Таблиця 4.37

Загальний білірубін (мкмоль/л) в сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$					
		$O_{7,0}$	Se + $O_{7,0} + Se$	I + $O_{7,0} + I$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	21,3 ± 1,9					
7 доба	12	15,2 ± 1,8	19,2 ± 1,8	18,3 ± 2,2	0,031	0,130	0,305
14 доба	15	14,7 ± 1,9	18,8 ± 1,5	17,8 ± 1,7	0,039	0,101	0,234
30 доба	15	18,4 ± 2,0	20,9 ± 2,2	20,7 ± 2,3	0,378	0,408	0,457

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Відповідно до даних, наведених у табл. 4.38, активність ферменту аланінамінотрансферази (АлТ) в сироватці крові опромінених тварин на 14 добу істотно зростала в 1,55 рази ($p = 0,005$) відносно інтактного контролю та залишалася вірогідно підвищеною у 1,48 рази ($p = 0,003$) наприкінці дослідів, на 30 добу спостережень.

При використанні дієтичної добавки на основі хелатів селену, встановлений позитивний вплив визначався в тому, у тварин, які вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену за лікувальною схемою, активність ферменту знаходилася практично на рівні інтактного контролю протягом усього періоду спостережень. Використання цієї дієтичної добавки за профілактично-лікувальною схемою було менш ефективним. Встановлені зміни активності АлТ в сироватці крові при уведенні дієтичної добавки на основі хелатів йоду носили статистично не достовірний характер (табл. 4.39).

Таблиця 4.38

Активність АлТ (Од/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0}	I + O _{7,0}	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	65,7 ± 5,9					
7 доба	12	59,8 ± 4,1	60,8 ± 5,0	62,1 ± 5,3	0,410	0,879	0,735
14 доба	15	102,0 ± 9,1	75,4 ± 6,9	92,4 ± 7,3	0,007	0,027	0,418
30 доба	15	97,8 ± 6,7	72,1 ± 5,3	85,3 ± 7,9	0,003	0,006	0,238

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0}$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0}$

Таблиця 4.39

Активність АлТ (Од/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дістичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$					
		$O_{7,0}$	Se + $O_{7,0} + Se$	I + $O_{7,0} + I$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	65,7 ± 5,9					
7 доба	12	59,8 ± 4,1	62,5 ± 5,6	65,1 ± 5,1	0,410	0,701	0,427
14 доба	15	102,0 ± 9,1	97,2 ± 7,1	95,6 ± 7,8	0,007	0,681	0,598
30 доба	15	97,8 ± 6,7	92,1 ± 7,3	93,3 ± 7,9	0,003	0,570	0,667

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Водночас, активність ферменту аспартатамінотрансферази (АсТ) у сироватці крові тварин з контрольним опроміненням різко зростала, починаючи з 7 доби, відповідно в 1,35 рази ($p = 0,042$), на 14 добу – в 2,02 рази ($p = 0,001$) та продовжувала максимально зростати до 30 доби – в 2,15 рази ($p = 0,001$) порівняно з інтактним контролем (табл. 4.40).

Таблиця 4.40

Активність АсТ (Од/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дістичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		$O_{7,0}$	Se + $O_{7,0}$	I + $O_{7,0}$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	145,4 ± 18,0					
7 доба	12	195,4 ± 14,8	152,2 ± 14,2	182,8 ± 18,0	0,042	0,047	0,594
14 доба	15	294,8 ± 21,9	231,4 ± 20,4	288,5 ± 20,7	0,001	0,043	0,390
30 доба	15	312,8 ± 21,8	251,3 ± 21,5	264,8 ± 25,2	0,001	0,054	0,161

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.
2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з Se + $O_{7,0}$
3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з I + $O_{7,0}$

При вживанні дієтичних добавки на основі хелатів селену за лікувальною схемою відбувалося достовірне зниження активності АсТ у сироватці крові на 7 добу в 1,28 рази ($p = 0,047$), на 14 і 30 добу – відповідно в 1,27 ($p = 0,043$) і 1,24 ($p = 0,054$) рази порівняно з контрольним опроміненням. При використанні дієтичної добавки на основі хелатів селену за профілактично-лікувальною схемою спостерігалось зниження активності ферменту відносно опроміненого контролю, але ж зміни були статистично не достовірними.

Таки ж за характером зміни простежувалися при одержанні дієтичної добавки на основі хелатів йоду за обома випробуваними схемами (табл. 4.41).

Таблиця 4.41

Активність АсТ (Од/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		O _{7,0}	Se + O _{7,0} + Se	I + O _{7,0} + I	p	p ₁	p ₂
Інтактні тварини	10	145,4 ± 18,0					
7 доба	12	195,4 ± 14,8	179,2 ± 15,2	192,8 ± 18,0	0,042	0,453	0,912
14 доба	15	294,8 ± 21,9	267,4 ± 19,6	258,5 ± 17,2	0,001	0,359	0,203
30 доба	15	312,8 ± 21,8	291,3 ± 21,2	284,8 ± 22,1	0,001	0,485	0,343

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні з з інтактним контролем.

2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$

3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Згідно з даними, приведеними у табл. 4.41, активність ферменту гаммаглюмилтрансферази (ГГТ) у сироватці крові тварин при контрольному опроміненні також вірогідно зростала, починаючи з 7 доби – в 1,57 рази ($p = 0,004$), на 14 добу – в 1,94 рази ($p = 0,008$) та на 30 добу залишалася підвищеною майже на тому самому рівні – в 1,85 рази ($p = 0,002$) більше відповідно інтактного контролю.

При використанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду, встановлений позитивний вплив визначався в тому, у тварин, які вживали досліджувані сполуки за обома випробуваними схемами однаково, починаючи з 14 доби і надалі, на 30 добу, спостерігалось достовірне зниження активності ферменту у сироватці крові порівняно з контрольним опроміненням (табл. 4.42).

Таблиця 4.42

Активність ГГТ (Од/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		$O_{7,0}$	$Se + O_{7,0}$	$I + O_{7,0}$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	$11,8 \pm 0,9$					
7 доба	12	$18,6 \pm 1,4$	$17,7 \pm 1,1$	$18,9 \pm 1,3$	0,004	0,618	0,677
14 доба	15	$22,9 \pm 1,7$	$18,4 \pm 1,2$	$18,7 \pm 1,2$	0,008	0,039	0,053
30 доба	15	$21,8 \pm 1,2$	$15,4 \pm 1,5$	$16,2 \pm 1,5$	0,002	0,002	0,007

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні $O_{7,0}$ з інтактним контролем.

2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0}$

3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0}$

Таблиця 4.43

Активність ГГТ (Од/л) у сироватці крові тварин, опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дістичних добавок на основі хелатів селену та йоду за профілактично – лікувальною схемою

Термін досліджу	n	$\bar{X} \pm S\bar{X}$					
		$O_{7,0}$	$Se + O_{7,0} + Se$	$I + O_{7,0} + I$	p	p_1	p_2
Інтактні тварини	10	$11,8 \pm 0,9$					
7 доба	12	$18,6 \pm 1,4$	$15,2 \pm 1,2$	$17,9 \pm 1,5$	0,004	0,079	0,736
14 доба	15	$22,9 \pm 1,7$	$17,4 \pm 1,5$	$18,3 \pm 1,3$	0,008	0,022	0,040
30 доба	15	$21,8 \pm 1,2$	$16,8 \pm 1,4$	$17,2 \pm 1,5$	0,002	0,011	0,024

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні з інтактним контролем.

2. p_1 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $Se + O_{7,0} + Se$

3. p_2 – вірогідність при порівнянні дослідів $O_{7,0}$ з $I + O_{7,0} + I$

Таким чином, проведені біохімічні дослідження з вивчення ферментного профілю сироватки крові тварин щурів свідчили про складний характер відповідної реакції організму на вплив ікс-випромінювання у дозах 5,5 і 7,0 Гр з переважним зростанням у ранній період розгортання ГРС на 3 і 7 д

показників загального вмісту білкових речовин, сироваткового альбуміну та активності деяких ферментів (АлТ, АсТ, альфа-амілази, лужної фосфатази, ГГТ, ЛДГ) та з частковим відновленням цих показників на 14 добу після опромінення. За результатами було встановлено здатність сполуки KM_{51} у дозі 150 мг/кг на 7 д попереджувати істотне зростання загального білірубіну, активності АлТ, АсТ, ГГТ і ЛДГ особливо при високій дозі опромінення 7,0 Гр та на 14 добу вірогідно знижувати вміст С-реактивного білка в сироватці крові опромінених щурів.

Таким чином, проведені біохімічні дослідження ферментного профілю сироватки крові тварин дозволили встановити достатню ефективність вживання досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду для корекції функціональних змін, що виникають при формуванні складної відповідної реакції організму на вплив тотального опромінення у дозі 7,0 Гр.

За результатами було встановлено здатність дієтичних добавок на основі хелатів сполуки селену та йоду за лікувальною схемою відносно збереження морфоструктури, морфометричних параметрів та прискорення відновлення внутрішніх органів (тимус, селезінка, печінка) тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр.

На 14 добу після опромінення у тварин, що вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену, рівень загального білка у сироватці крові достовірно зростав відповідно у 1,31 ($p = 0,013$) і 1,38 ($p = 0,005$) разів і практично нормалізувався до рівню в інтактних тварин та зберігався таким на 30 добу.

При використанні дієтичної добавки на основі хелатів йоду спостерігалася така ж тенденція у змінах рівню загального білка у сироватці крові, але ж більш ефективною була профілактично-лікувальна схема застосування цієї сполуки

Використання дієтичної добавки на основі хелатів селену за обома схемами попереджало зниження рівня альбуміну на 7 добу відповідно в 1,33 ($p = 0,001$) і 1,19 ($p = 0,001$) рази.

У разі використання дієтичної добавки на основі хелатів йоду, достовірні зміни рівню альбуміну відбувалися при випробуванні профілактично-лікувальної схеми застосування цієї дієтичної добавки. Близькі до вищеописаного зміни простежувалися для сироваткового альбуміну, показник якого в опромінених тварин на 3 д виявлявся достовірно зниженим в 1,4 разу ($p = 0,010$) та залишався зниженим до 14 доби. При уведенні досліджуваної дієтичної добавки на основі хелатів селену зростання рівню сироваткового альбуміну відбувалося скоріше порівняно з використанням дієтичної добавки на основі хелатів йоду.

4.2.4 Морфологічні дослідження органів тварин (щури) при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду

Для того, щоб оцінити об'єктивно вплив того чи іншого чинника на організм необхідно визначити вплив цього чинника на морфологічні зміни органів, тканини, клітин. Для оцінки впливу дієтичних добавок на основі хелатів селену і йоду доцільно оцінити їх вплив на клітинному рівні.

Морфологічні дослідження структури тимусу, селезінки і печінки тварин (щури) при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр і вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою проводили на 7, 14 і 30 добу у порівнянні із інтактними тваринами.

Тимус. В інтактних тварин часточки тимуса були помірного розміру, з чітким поділом на кіркову та мозкову речовину з тонкими сполучнотканинними прошарками. У корі тимусу чітко диференціювалися субкапсулярна та внутрішня зони. Кора та медула тимусу були помірно заселені лімфоцитами. Мозкова речовина дещо переважала в об'ємі кори тимусу, що відповідало його нормальній будові (рис. 4.27).

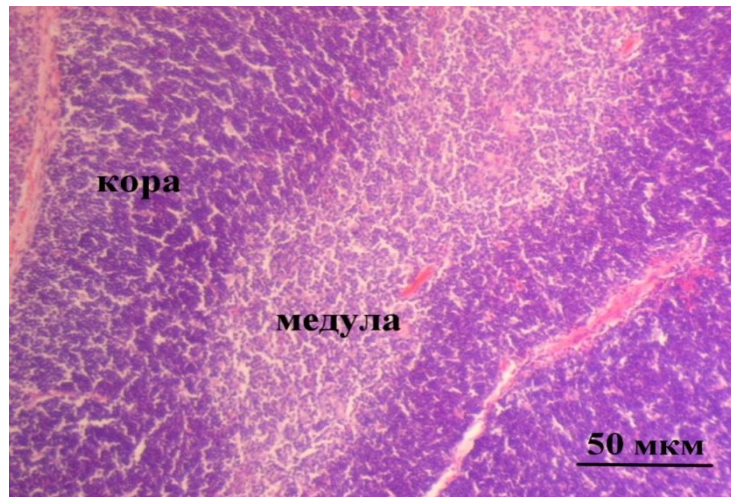


Рис. 4.27. Мікрофотографія. Кора та медула нормального вигляду. Гематоксилін-еозин, $\times 100$. Тимус щура з інтактного контролю

В опромінених тварин на 14 добу тимус був представлений скупченням жирової тканини з дрібними включеннями залишків залозистої тканини. Ці залишки мали вигляд вузьких смуг, оточених поширеною капсулою. Клітини в цих залозистих залишках були розташовані не упорядковано. Лімфоцитів було мало (видно ділянки спустошення), тимічні тільця відсутні (рис. 4.28).

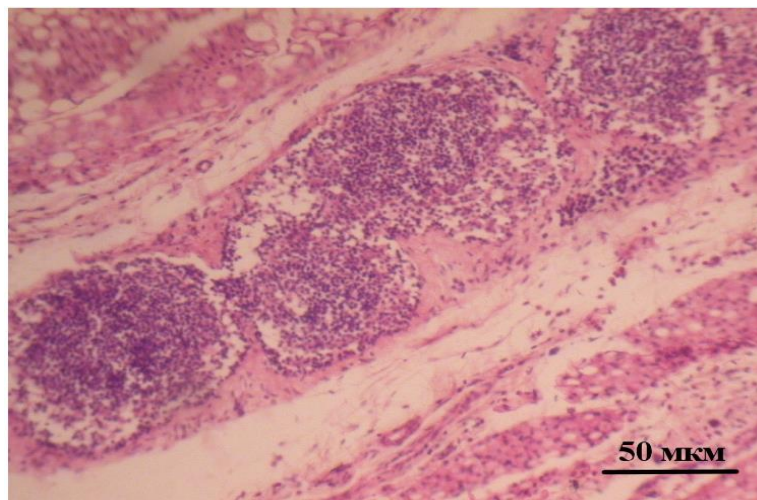


Рис. 4.28. Мікрофотографія. Тимус щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

На 30 добу після ікс-випромінювання у дозі 7,0 Гр в тимусі тварин, опромінених також було відмічено певні прояви реактивних змін. Об'єм залозистої тканини збільшувався, хоча її часточки залишалися зменшеними у розмірі. Густина тимоцитів у часточках загалом збільшувалася, але поділ на

кірковий та мозковий шари майже повністю був відсутній. Сполучнотканинні перегородки між часточками були збільшені, субкапсулярно спостерігалось виражене убування тимоцитів. Помічалися тяжі ретикулоепітеліальних клітин, незамасковані лімфоцитами. Сформованих тимічних тілець було дуже мало (рис. 4.29).

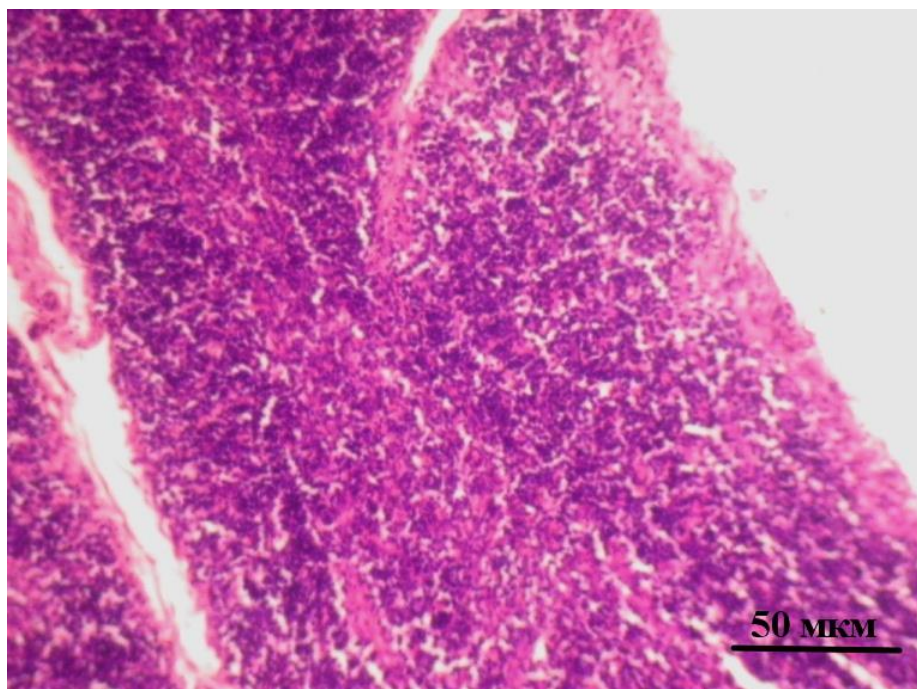


Рис. 4.29. Мікрофотографія. Тимус щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

Збільшення об'єму залозистої тканини, відсутність поділу на кору та медулу, субкапсулярне убування тимоцитів (стрілка). Гематоксилін-еозин, $\times 100$.

Таким чином, морфоструктурний стан тимусу свідчив про різке падіння функціональної активності органа зі зниженням лімфопоезу та секреторної функції ретикулоепітелію тимусу, що відповідало реактивним змінам, охарактеризованим як набута атрофія тимусу, індукована опроміненням.

При використанні дієтичної добівки на основі хелатів селену за лікувальною схемою функціональний стан тимусу на 30 добу визначався значно поліпшеним порівняно з опроміненим контролем. Спостерігалися

досить численні, різні за розміром часточки залозистої тканини. Щільність лімфоцитів у них зростала. Мозкова речовина мала більше лімфоцитів, ніж кіркова (інверсія шарів), зростала кількість сформованих тимічних тілець. Отже, на відміну від стану набутої атрофії, що спостерігали на цей строк в опромінену контролі, вживання дієтичної добавки на основі хелатів селену зменшувало прояви реактивних змін (рис. 4.30).

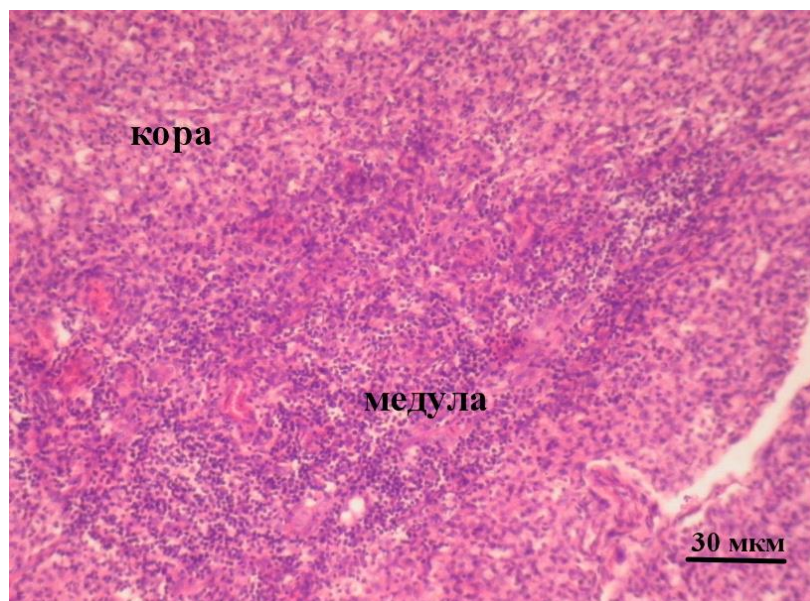


Рис. 4.30. Мікрофотографія. Тимус щура на 30 добу після опромінення випромінювання у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів селену за лікувальною схемою

У збільшеній за розміром часточці більш щільне розташування лімфоцитів, інверсія шарів. Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Порівняно морфоструктура тимусу у тварин, що вживали дієтичної добавки на основі хелатів йоду, на 30 добу характеризувалася дещо підвищена щільність лімфоцитів у залозистій тканині, хоча і зберігалася інверсія шарів. Разом з тим, субкапсулярно убування лімфоцитів у деяких зонах були ще доволі вираженими. Іноді було видно активацію ретикулоепітелію (рис. 4.31).

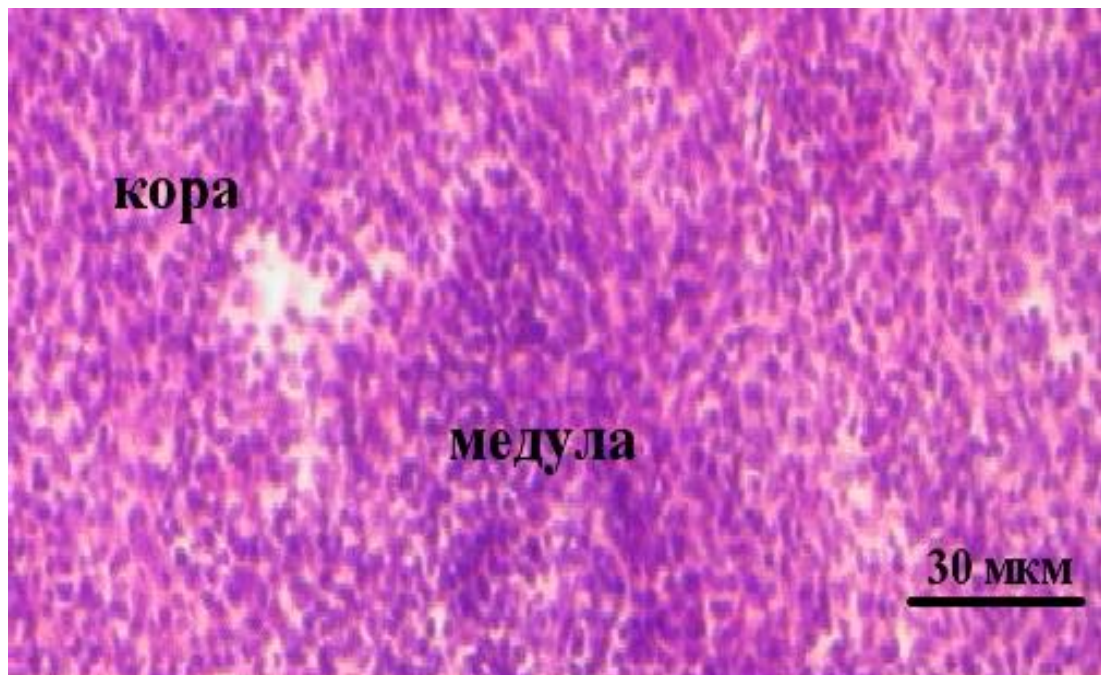


Рис. 4.31. Мікрофотографія. Тимус щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною схемою.

Збільшення щільності лімфоцитів, інверсія шарів. Гематоксилін-еозин, $\times 250$.

У табл. 4.43, 4.44 представлено результати морфометричних досліджень тимусу щурів з контрольним опроміненням у дозі 7,0 Гр та вживанням досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою.

Згідно до отриманих даних, приведених у табл. 4.43, коефіцієнт співвідношення площі кори та медули ($K_{к/м}$) у тимусі інтактних тварин дорівнював $K_{к/м} = 0,95$. У тварин з контрольним опроміненням на 7 добу площа кори переважала площу мозкової речовини за коефіцієнтом $K_{к/м} = 2,89$, що було у 3,04 рази більше, ніж в інтактних тварин. На 14 і 30 добу значення коефіцієнту $K_{к/м}$ залишалися перевищеними відповідно у 2,33 і 2,25 рази.

Вживання досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою мало істотний позитивний вплив, що виражалось

у зменшенні величини коефіцієнта $K_{к/м}$ у піддослідних тварин практично у 2 рази в усі строки спостережень порівняно з контрольним опроміненням. На 30 добу інверсія шарів кіркової і мозкової речовини тимусу була менші вираженою й практично нормалізувалася при застосуванні обох дієтичних добавок.

Водночас, кількість лімфоцитів у корі тимусу опромінених тварин на 7 добу зменшувалася незначно, тоді як у медулі кількість лімфоцитів знижувалася в 1,34 разу ($p = 0,052$) і коефіцієнт $K_{к/м} = 2,12$ зростав у 1,29 разу порівняно з інтактним контролем (табл. 4.44). Під час вживання дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду в опромінених тварин на 7 добу та у наступні терміни спостережень відзначалося збереження кількості лімфоцитів у медулі практично на рівні інтактних тварин.

Таблиця 4.44

Співвідношення площі (мм²) кіркової та мозкової речовини у тимусі тварин (щури), опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Дослід	n	Кіркова речовина			Мозкова речовина			$K_{к/м}$
		$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	$p_1(p_2)$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	$p_1(p_2)$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Інтактні тварини	25	48,4 ± 4,2	–	–	50,8 ± 4,1	–	–	0,95
O _{7,0}								
7 доба	15	73,5 ± 5,1	0,002	–	25,5 ± 3,1	0,001	–	2,89

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 доба	15	65,4 ± 5,0	0,026	–	29,4 ± 3,7	0,001	–	2,22
30 доба	10	68,5 ± 5,8	0,014	–	31,9 ± 4,0	0,011	–	2,14
O _{7,0} + Se								
7 доба	15	57,9 ± 5,3	0,171	0,312	40,1 ± 4,3	0,096	0,010	1,44
14 доба	15	56,6 ± 4,8	0,220	0,023	42,7 ± 4,0	0,195	0,021	1,32
30 доба	10	52,8 ± 3,5	0,558	0,050	45,2 ± 4,2	0,432	0,034	1,17
O _{7,0} + I								
7 доба	15	65,9 ± 5,9	0,018	0,338	39,8 ± 4,2	0,085	0,011	1,65
14 доба	15	60,5 ± 5,2	0,081	0,503	41,7 ± 4,4	0,157	0,041	1,45
30 доба	10	58,7 ± 3,1	0,147	0,415	47,2 ± 4,8	0,620	0,025	1,24

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Таблиця 4.45

Заселеність лімфоцитами ($\times 10^3$ на 1мм^2) кіркової та мозкової речовини у тимусі тварин (щери), опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	Кіркова речовина, $\times 10^3$			Мозкова речовина, $\times 10^3$			K _{к/м}
		$\bar{X} \pm S\bar{x}$	p	p ₁ (p ₂)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	p	p ₁ (p ₂)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Інтактні тварини	25	20,68 ± 1,21	–	–	12,56 ± 1,12	–	–	1,64
O _{7,0}								

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7 доба	15	19,52 ± 1,36	0,542	–	9,21 ± 1,08	0,052	–	2,12
14 доба	15	11,21 ± 1,38	0,001	–	10,24 ± 1,37	0,198	–	1,09
30 доба	10	21,03 ± 1,24	0,867	–	12,26 ± 1,29	0,865	–	1,71
O _{7,0} + Se								
7 доба	15	19,36 ± 1,16	0,469	0,929	11,16 ± 1,10	0,410	0,216	1,67
14 доба	15	19,08 ± 1,22	0,387	0,001	12,64 ± 1,19	0,963	0,197	1,51
30 доба	10	21,01 ± 1,27	0,867	0,991	15,62 ± 1,21	0,078	0,074	1,34
O _{7,0} + I								
7 доба	15	19,01 ± 1,18	0,363	0,779	10,27 ± 1,31	0,203	0,537	1,85
14 доба	15	18,58 ± 1,25	0,261	0,010	12,06 ± 1,21	0,774	0,328	1,54
30 доба	10	20,97 ± 1,39	0,892	0,975	13,68 ± 1,24	0,523	0,438	1,53

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Відомо, що у корі тимусу відбувається дозрівання та селекція Т-лімфоцитів з клітин-попередників, тоді як мозкова речовина є пулом для накопичення та рециркуляції зрілих Т-лімфоцитів. Виявлена при опроміненні у дозі 7,0 Гр інверсія шарів кіркової і мозкової речовини (зростання величини коефіцієнта $K_{к/м}$) призводить до розладів у системі дозрівання й селекції Т-лімфоцитів, що викликає порушення у функціонуванні імунній системи опромінених тварин. Помітне пом'якшення цих ефектів опромінення було виявлено при вживанні досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою.

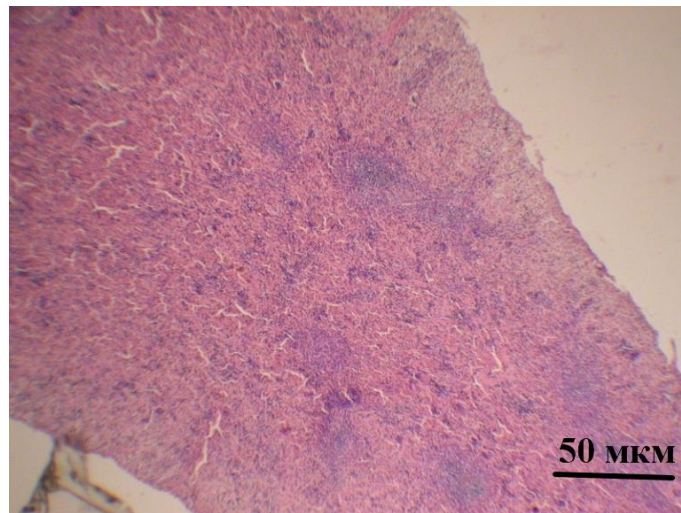
Селезінка. Мікроскопічно селезінка щурів з інтактного контролю за морфологічною структурою відповідала нормі, описаній у літературі (рис. 4.32).



Периферичні зони лімфатичних вузлів у масиві червоної пульпи.
Гематоксилін-еозин, $\times 100$.

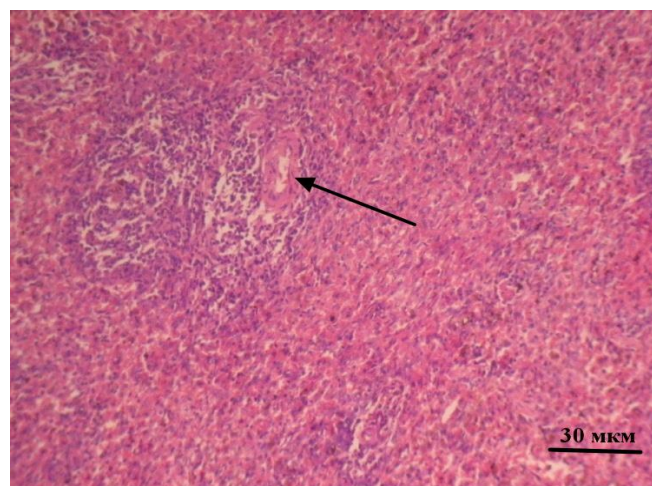
Рис. 4.32. Мікрофотографія. Селезінка щура з інтактного контролю

У селезінці тварин з контрольним опроміненням у дозі 7,0 Гр на 14 добу було виявлено гіпоплазію білої пульпи. Чисельність лімфатичних вузлів була значно знижена, вони погано розрізнялися. В них відзначалися виражені розріджені періартеріальні зони та практично повністю були відсутні маргінальні зони, завдяки чому стиралася межа між білою та червоною пульпою. Червона пульпа була також розрідженою зі зменшеною кількістю ядерних форм клітин, серед них мегакаріоцити були практично відсутні та зменшена кількість макрофагів (рис. 4.33, 4.34).



Гіпоплазія білої пульпи, виражене зменшення ядерних клітинних форм у червоній пульпі. Гематоксилін-еозин, $\times 100$.

Рис. 4.33. Мікрофотографія. Селезінка щура на 14 добу



Розрідження Т-зони (стрілка). Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.34. Селезінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

На 30 добу селезінка опромінених тварин була вкрита білувато-зморшкуватою капсулою та мала помітно ослаблений тургор. Серед волокон капсули визначалася мала кількість фібробластичних і гладком'язових клітинних елементів. Капсула щільно обмежувала паренхіму селезінки, паренхіма була представлена досить чітко білою і червоною пульпою з виражено малою кількістю клітин. До центральних артерій прилягали округлі ділянки компактно розміщених малих лімфоцитів, що містили інтенсивно

базофільні ядра. У меншій частині таких вузлів спостерігалися вузькі смужки, виконані лімфоцитами, що утворювали мантийну і маргінальну зони (рис. 4.35).



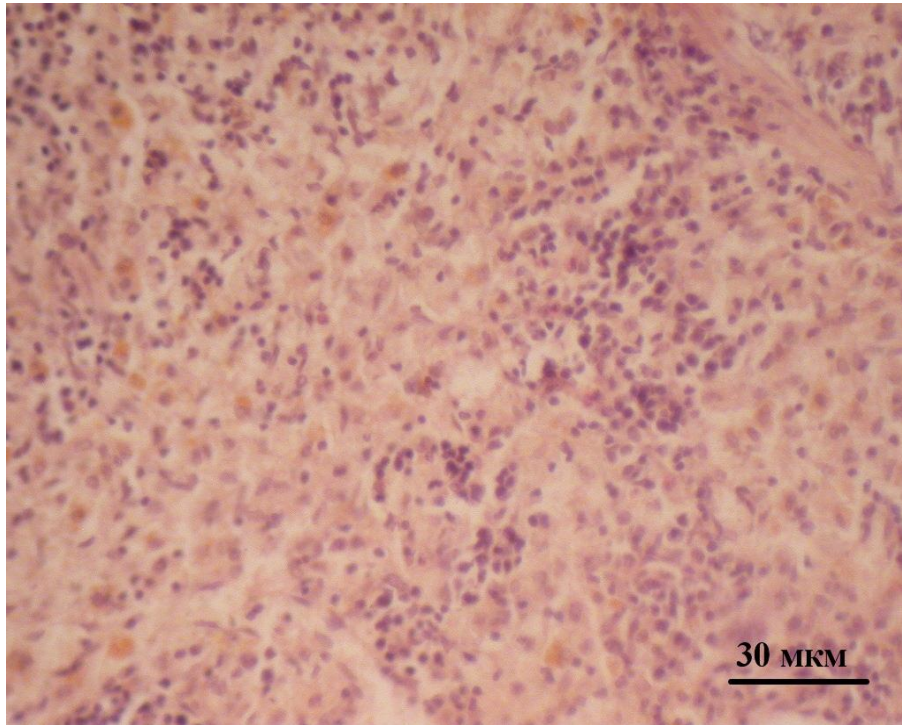
Вузькі смужки світлих лімфоцитів у периферичних зонах лімфатичних вузлів. Гематоксилін-еозин, $\times 100$.

Рис. 4.35. Мікрофотографія. Селезінка щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

В опромінених тварин, які вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену за лікувальною схемою, мікроскопічно тканина селезінки на 14 добу відрізнялася більш збереженими і відновленими структурами порівняно з контрольним опроміненням.

Так, у червоній пульпі селезінки кількість еритроцитів різко перевищувала вміст таких у селезінці тварин з контрольним опроміненням. У розширених венозних синусах червоної пульпи, серед еритроцитів,

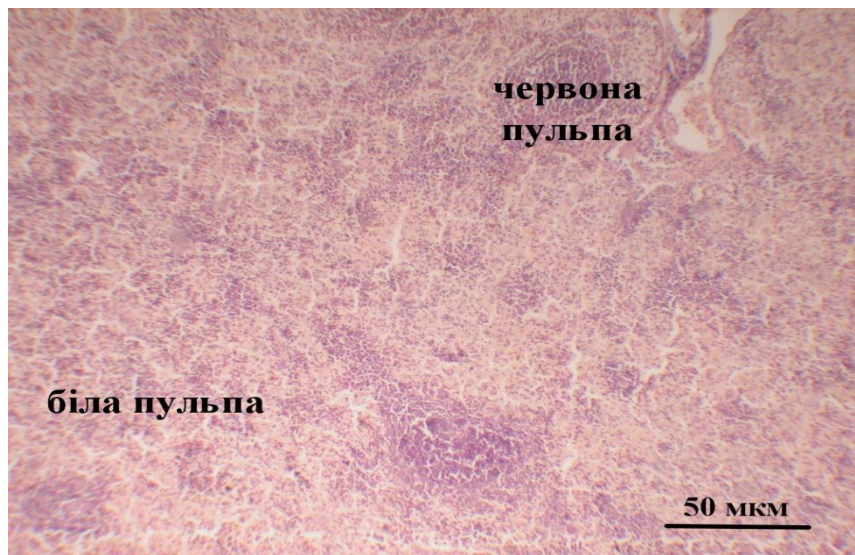
простежувалися малі і середні лімфоцити з темними і порівняно світло базофільними ядрами, а також дрібні компактні скупчення клітин білої крові (рис. 4.36).



Червона пульпа селезінки. Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.36. Мікрофотографія. Селезінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням сполуки селену за лікувальною схемою.

У селезінці тварин, які вживали дієтичну добавку на основі хелатів селену, на 14 добу відзначалася тенденція до збільшення кількості лімфоїдних вузлів, що склалися з дрібних темних лімфоцитів і меншої кількості макрофагів (рис. 4.37).

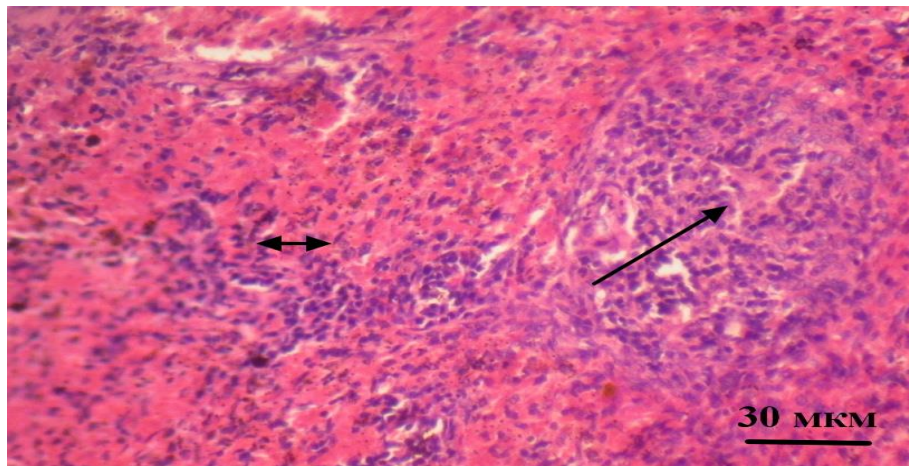


Осередкові скупчення лімфатичних клітин, що утворюють вторинні лімфатичні вузли. Гематоксилін-еозин, $\times 100$.

Рис. 4.37. Мікрофотографія. Селезінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням сполуки селену за лікувальною схемою.

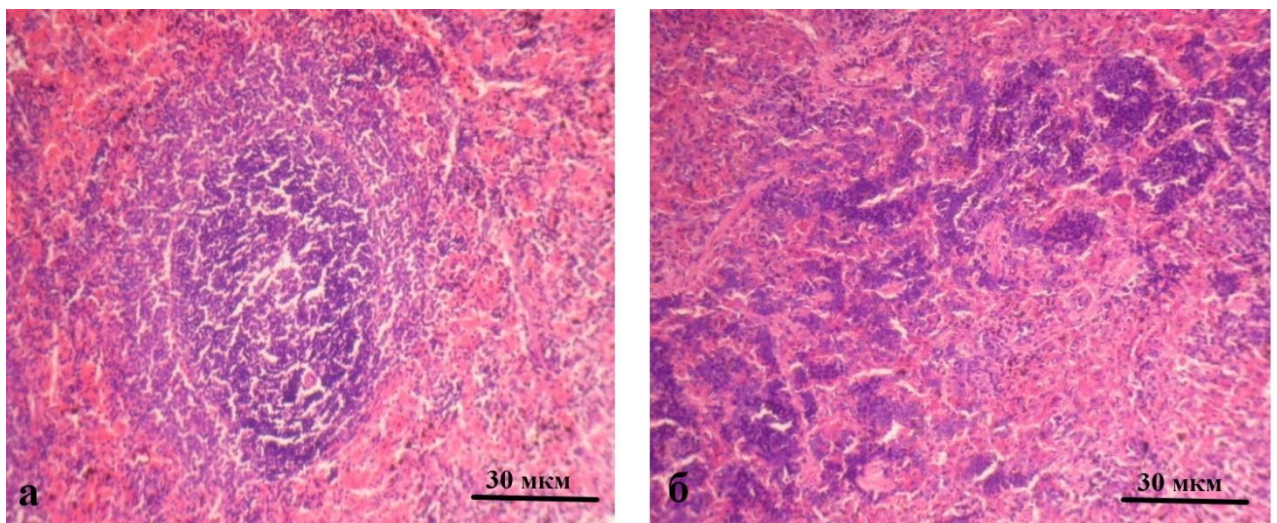
Разом з тим, у селезінці опромінених тварин, які вживали дієтичну добавку на основі хелатів йоду, на 14 добу мала місце гіпоплазія білої пульпи, але менш виражена, ніж при контрольному опроміненні. У лімфатичних вузлах спостерігалася більш щільна Т-зона, менш вираженим був просвіт центральних артерій, у червоній пульпі відзначалися скупчення лімфоцитів (рис. 4.37).

На 30 добу в опромінених тварин, що одержували досліджувані дієтичні добавки на основі хелатів селену та йоду, морфологічний стан селезінки виражено змінювався за станом білої пульпи: від повного її відновлення до досить помітних позитивних змін. При зменшенні ступеня гіпоплазії у лімфатичних вузлах при вживанні сполуки селену спостерігалася різна за шириною В-зона, у Т-зоні виявлялася підвищена щільність розташування лімфоцитів (рис. 4.39, а). У червоній пульпі при вживанні дієтичної добавки на основі хелатів йоду простежувалися скупчення лімфоцитів, з яких у подальшому можуть формуватися нові лімфатичні вузли (рис. 4.39, б).



У лімфатичному вузлі щільна Т-залежна зона (стрілка), у червоній пульпі видно скупчення лімфоцитів (подвійна стрілка). Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.38. Мікрофотографія. Селезінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною схемою



а – відновлення В-зони, збільшення щільності лімфоцитів у Т-зоні вузла;
б – поява скупчень лімфоцитів у червоній пульпі. Гематоксилін-еозин, $\times 250$.

Рис. 4.39. Мікрофотографія. Селезінка щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням сполук селену та йоду за лікувальною схемою

У табл. 4.45 – 4.46 представлено дані морфометричних досліджень селезінки щурів з контрольним опроміненням у дозі 7,0 Гр та вживанням досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою.

Як можна побачити з даних в табл. 4.46, коефіцієнт співвідношення площі білої та червоної пульпи ($K_{б/ч}$) у селезінки інтактних тварин дорівнював $K_{к/м} = 0,51$. У селезінки тварин з контрольним опроміненням на 7 добу площа білої пульпи зменшувалася в 1,44 разу ($p = 0,007$) і на 14 добу – в 1,67 разу ($p = 0,001$) та на 7 добу коефіцієнт $K_{б/ч} = 0,38$ максимально знижувався в 1,34 рази.

Таблиця 4.46

Співвідношення площі (мм²) білої та червоної пульпи у селезінці тварин (щури), опромінені у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	Біла пульпа			Червона пульпа			$K_{б/ч}$
		$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	$p_1(p_2)$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	$p_1(p_2)$	
Інтактні тварини	25	31,4 ± 2,1	–	–	62,6 ± 4,0	–	–	0,51
1	2	3	4	5	6	7	8	9
O _{7,0}								
7 доба	15	21,7 ± 1,9	0,003	–	55,8 ± 4,1	0,270	–	0,38

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 доба	15	18,9 ± 1,7	0,001	–	41,1 ± 3,9	0,004	–	0,46
30 доба	10	25,4 ± 1,5	0,094	–	52,9 ± 4,0	0,166	–	0,48
O _{7,0} + Se								
7 доба	15	27,9 ± 1,7	0,254	0,022	59,1 ± 4,2	0,570	0,578	0,47
14 доба	15	28,2 ± 1,9	0,307	0,003	60,8 ± 5,3	0,786	0,006	0,47
30 доба	10	32,1 ± 2,0	0,846	0,015	62,5 ± 4,6	0,955	0,675	0,51
O _{7,0} + I								
7 доба	15	25,9 ± 1,3	0,066	0,079	56,1 ± 3,9	0,285	0,958	0,46
14 доба	15	26,7 ± 1,7	0,128	0,003	59,4 ± 4,7	0,616	0,006	0,44
30 доба	10	30,5 ± 2,0	0,803	0,049	61,5 ± 5,5	0,880	0,222	0,49

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Використання досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою сприяло збереженню площі білої та червоної пульпи у селезінці щурів на 7 і 14 добу після опромінення, про що свідчило зростання величини коефіцієнта K_{б/ч}. На 30 добу цей показник відновлювався до значення в інтактних тварин, тобто у разі дієтичної добавки на основі хелатів селену до K_{б/ч} = 0,51, у разі дієтичної добавки на основі хелатів йоду до K_{б/ч} = 0,49 що виявлялося в інтактних тварин.

Згідно з даними, наведеними у табл. 4.27, у тварин з контрольним опроміненням на 7 добу кількість лімфоцитів у білій пульпі максимально знижувалася в 1,70 рази (p = 0,001), у червоній пульпі в 2,19 рази (p = 0,001), а на 14 добу залишалася зниженою відповідно в 1,38 рази (0,023) і в 1,45 рази

($p = 0,003$) порівняно з інтактним контролем. Коефіцієнт $K_{б/ч}$ співвідношення показника заселеності лімфоцитами у білій й червоній пульпі в опромінених тварин на 7 добу максимально зростав до $K_{б/ч} = 1,90$ порівняно з $K_{б/ч} = 1,47$ для інтактних тварин.

Вживання дієтичної добавки на основі хелатів селену знижувало ступінь падіння кількості лімфоцитів одночасно у білій й червоній пульпі на 7 добу після опромінення, що виражалось у зниженні коефіцієнту $K_{б/ч} = 1,62$. Крім того, одержання дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду призводило до стабілізації кількості лімфоцитів у білій й червоній пульпі на 30 добу, що виражалася у нормалізації коефіцієнту $K_{б/ч} = 1,48$ і $K_{б/ч} = 1,44$ практично до рівню в інтактних тварин.

Таблиця 4.47

Заселеність лімфоцитами ($\times 10^3$ на мм^2) білої та червоної пульпи у селезінці тварин (щери), опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	Біла пульпа, $\times 10^3$			Червона пульпа, $\times 10^3$			$K_{б/ч}$
		$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	$p_1(p_2)$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	$p_1(p_2)$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Інтактні тварини	25	$13,36 \pm 1,01$	—	—	$9,04 \pm 0,61$	—	—	1,47
O _{7,0}								
7 доба	15	$7,84 \pm 1,04$	0,001	—	$4,12 \pm 0,54$	0,001	—	1,90
14 доба	15	$9,64 \pm 1,12$	0,023	—	$6,24 \pm 0,51$	0,003	—	1,54
30 доба	10	$9,92 \pm 1,16$	0,060	—	$7,36 \pm 0,62$	0,118	—	1,34

O _{7,0} + Se								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7 доба	15	8,98 ± 1,12	0,008	0,462	5,51 ± 0,59	0,001	0,093	1,62
14 доба	15	12,72 ± 1,20	0,692	0,071	7,69 ± 0,62	0,152	0,082	1,65
30 доба	10	13,68 ± 1,24	0,859	0,040	9,21 ± 0,65	0,873	0,054	1,48
O _{7,0} + I								
7 доба	15	8,54 ± 1,16	0,004	0,657	4,98 ± 0,51	0,001	0,257	1,74
14 доба	15	11,32 ± 1,18	0,208	0,311	6,52 ± 0,59	0,009	0,722	1,73
30 доба	10	13,25 ± 1,32	0,952	0,074	9,18 ± 0,71	0,896	0,069	1,44

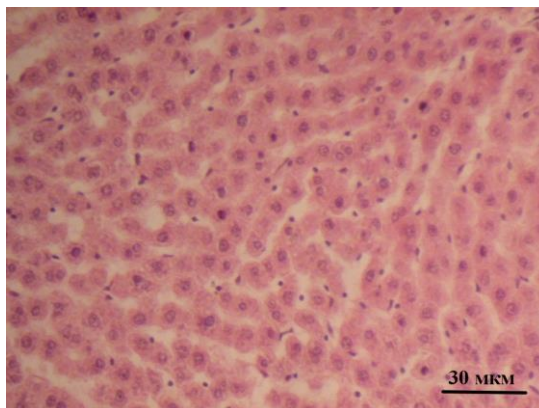
Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Печінка. Мікроскопічно на поперечних зрізах лівої бічної частки печінки щурів з інтактного контролю визначалася характерна морфологічна структура з наявністю часточок і балочок, спрямованих до центральних вен і венул. Просвіти проток добре визначалися, місцями були розширені, обмежені рівномірно розподіленими ендотеліальними та синусоїдними клітинами. Гепатоцити мали полігональну форму, їх цитоплазма була нормохромна, дрібнозерниста, щільно прилягала до перинуклеарної поверхні помірно базофільних, нормального розміру округлих ядер, які диференціювалися одним-двома ядерцями. Купферовські клітини розміщалися рівномірно, були базофільно забарвлені (рис. 4.40).

В інтактних щурів тканина печінки була у спокійному функціональному стані. У порталних трактах серед вузьких прошарків сполучної тканини чітко диференціювалися трубчасті системи різних розмірів відповідної будови:

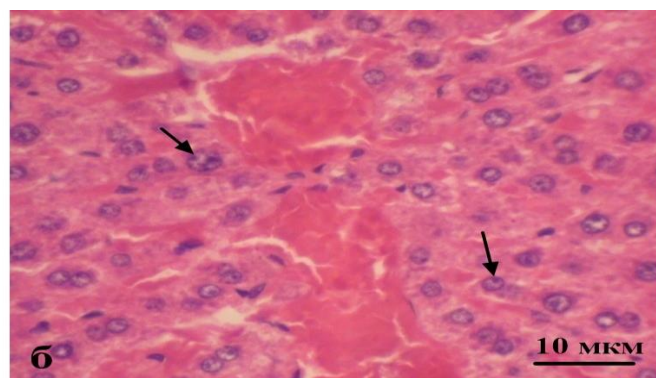
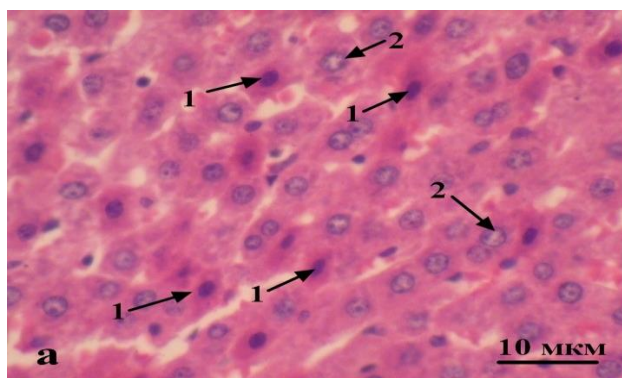
воротна вена, печінкова артерія, жовчні протоки і лімфатичні судини. У судинах портальних трактів виявлялися нечисленні еритроцити та окремі лімфоїдні клітини. Вузька сполучнотканинна оболонка містила рівномірно розподілені фібробласти і лімфоїдні клітини.



Протоки між балочками гепатоцитів місцями розширені. Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.40. Мікрофотографія. Печінка щура з інтактного контролю

У печінці щурів з контрольним опроміненням на 7 добу помітно збільшувалася численність змінених апоптозних гепатоцитів (цитоплазма клітин виражено еозинофільна, ядра пікнотичні), привертало увагу значне варіювання розмірів ядер клітин та зміни у стані хроматинової субстанції (ядра часто немовби просвітлені); виявлено розлади мікроциркуляції та іноді проліферація клітин ретикулоепітелію (рис. 4.41).

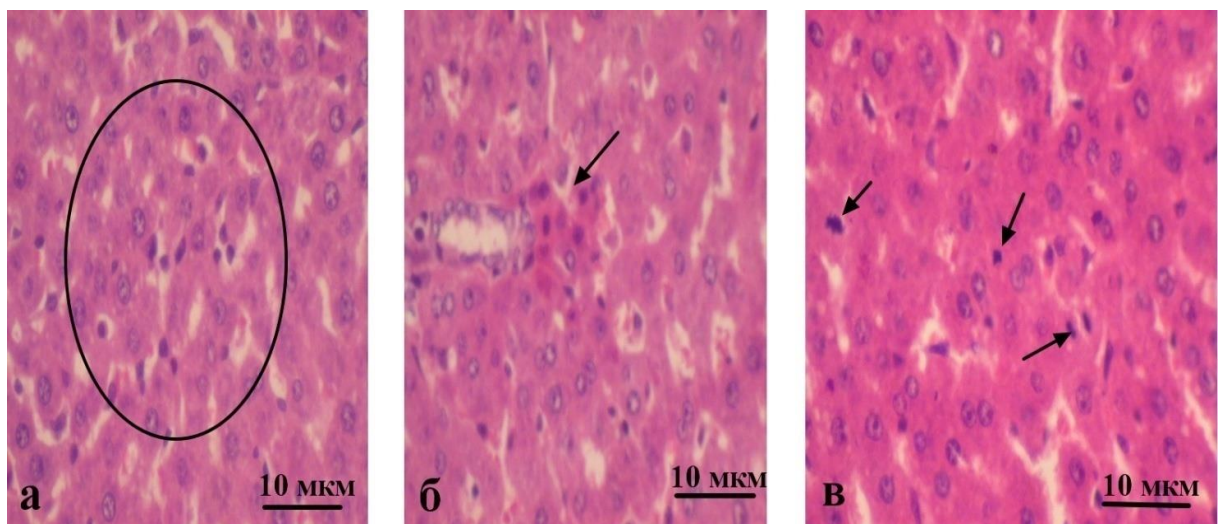


1 – апоптозні клітини; 2 – клітини з просвітленою ядерною субстанцією.
а – виражене збільшення апоптозних клітин, просвітлення ядерної субстанції;

б – помітне коливання ядер за розміром, крововилив, повнокров'я капілярів.
Гематоксилін-еозин, $\times 400$.

Рис. 4.41. Мікрофотографія. Печінка щура на 7 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

Як показано на рис. 4.42, у печінці опромінених щурів на 14 добу також виявлялися апоптозні гепатоцити та спостерігалася проліферація ретикулоепітеліальних клітин. Привертала увагу доволі численні мітози у гепатоцитах, самі клітини часто були набряклими, клітинні межі невиразні, ядра з помітною відмінністю за розміром, часто просвітлені.



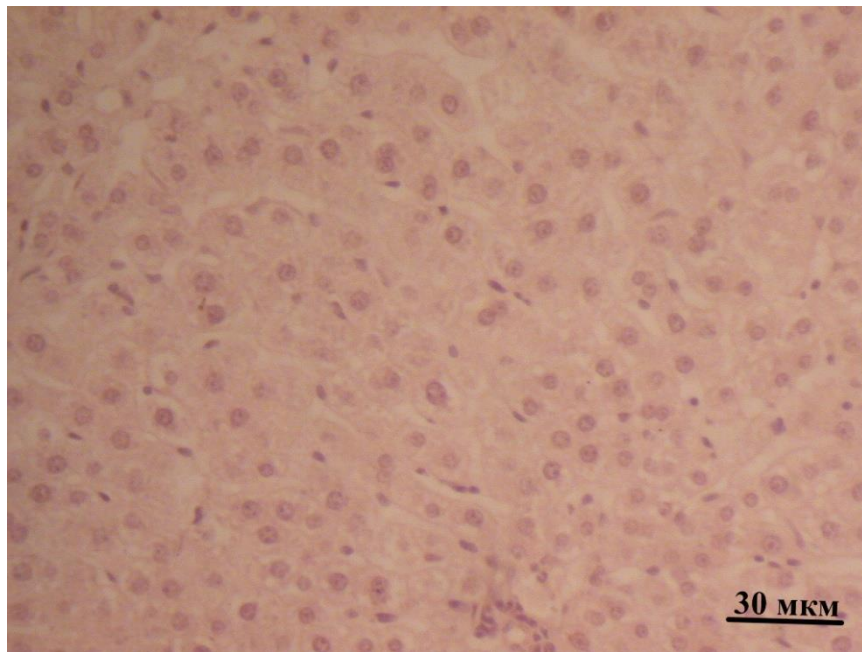
а – проліферація клітин ретикулоепітелію (овал); б – апоптозні гепатоцити (стрілка); в – мітози у гепатоцитах (стрілки). Гематоксилін-еозин, $\times 400$.

Рис. 4.42. Мікрофотографія. Печінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

Відповідно на 30 добу після печінка опромінених тварин тварин мала ослаблений тургор, сірувато-коричневий колір. Мікроскопічно на поперечних зрізах лівої бічної частки балкова будова простежувалася місцями. На великих ділянках структура міжбалкових капілярів визначалася нечітко через збільшену, набряклу крупносітчасту цитоплазму гепатоцитів, їх виражений

поліморфізм. Спостерігалися двоядерні клітини з порушеним цитоплазматичним співвідношенням, ядра різні за розміром, хроматин ядер місцями розміщений перинуклеарно, відзначалася ядерна ектопія. Портальні тракти були розширені, стінки судин збільшені, заповнені кров'ю. Серед здавлених набряклими гепатоцитами капілярів визначалася мала кількість ретикулярних і ендотеліальних клітинних елементів (рис. 4.43).

Отже, у печінці тварин з контрольним опроміненням на 30 добу виявлялися порушення основних функціональних одиниць паренхіматозних структур, тобто гепатоцитів і зірчастих ретикулоцитів, що свідчило про помітне ослаблення її дезінтоксикаційних і захисних можливостей.

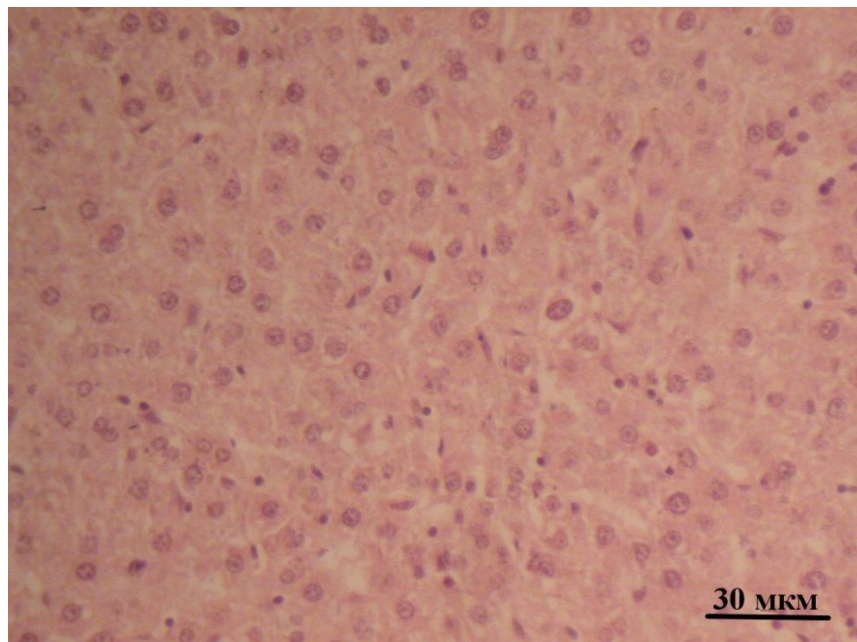


Порушення балкової будови, поліморфізм гепатоцитів. Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.43. Мікрофотографія. Печінка щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр

У печінці тварин, що одержували дієтичну добавку на основі хелатів селену за лікувальною схемою, на 14 добу міжбалочкові гемокапіляри на

значних ділянках не проглядалися Гепатоцити, що утворювали печінкову тканину, були поліморфні, місцями дисоційовані. Двоядерні гепатоцити визначалися зрідка, зберігалися порушення цитоплазматичного співвідношення. Купферівські та ендотеліальні клітини були переважно округлої форми. У сполучнотканинних прошарках портальних трактів спостерігалася інфільтрація лімфоїдних клітин, переважно дрібних, темnobазофільних (рис. 4.44). Таким чином, структурні особливості свідчили про початок відновлювальних процесів у печінковій тканині.

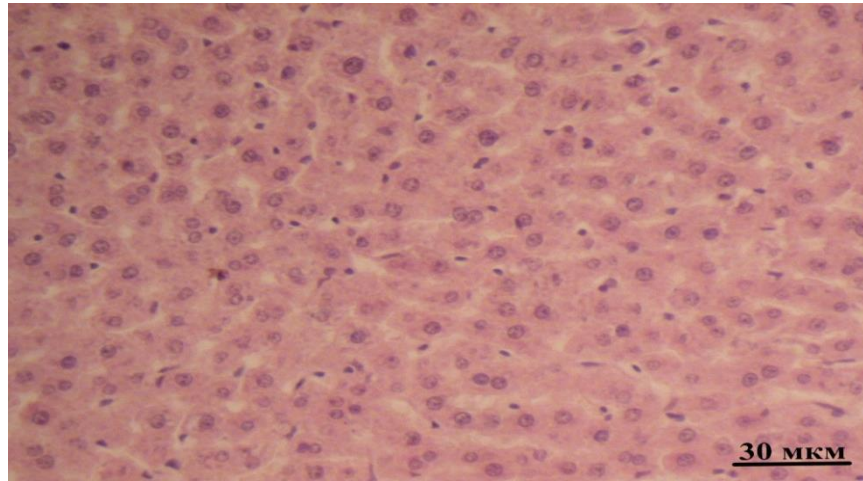


Міжбалочкові капіляри місцями не визначаються. Купферівські клітини простежуються осередково, округлої форми, капіляри здавлені. Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.44. Мікрофотографія. Печінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів селену за лікувальною схемою

В опромінених тварин, що одержували дієтичну добавку на основі хелатів йоду за лікувальною схемою, на поперечних зрізах лівої бічної частки

печінці на 14 добу спостерігалася балкова будова тканини зі значними ділянками набряклих гепатоцитів, однак виражена меншою мірою, ніж у тварин з контрольним опроміненням. Місцями відзначалася помірна поліморфність клітин. На всьому протязі поля зору відзначалася більша кількість ретикулярних і лімфоїдних клітин та знижувалася кількість двоядерних гепатоцитів (рис. 4.45).

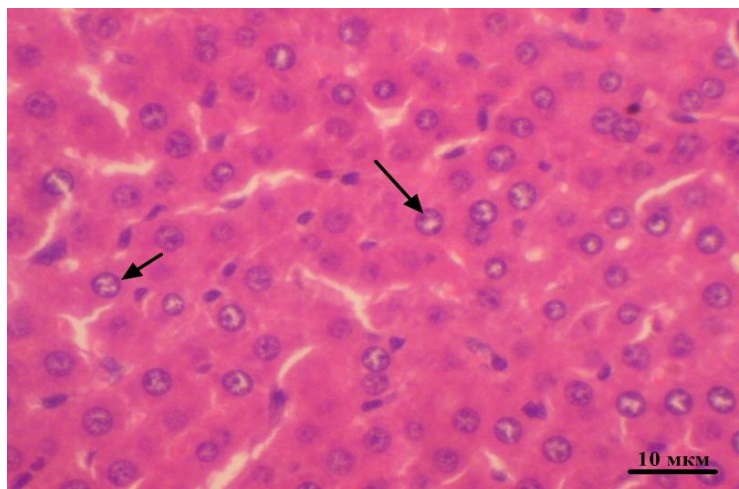


Виражена кількість зірчастих ретикулоцитів та лімфоїдних клітин. Гепатоцити місцями поліморфні, двоядерні. Гематоксилін-еозин, $\times 200$.

Рис. 4.45. Мікрофотографія. Печінка щура на 14 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною схемою

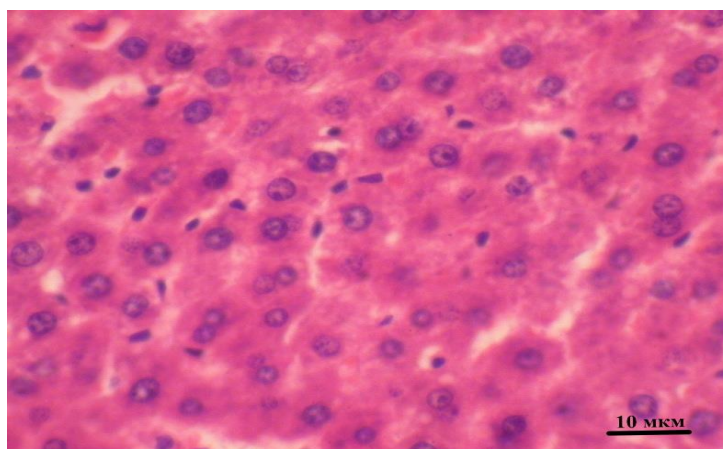
Відповідно, в опромінених тварин, що вживали досліджуванні дієтичні добавки на основі хелатів селену та йоду, на 30 добу дослідження печінки свідчили про поліпшення її морфологічного стану. У разі використання дієтичної добавки на основі хелатів селену у печінці апоптозні клітини були поодинокими, ядра помірно відрізнялися за розміром, у частині ядер видно просвітлення їх матриксу, розладів мікроциркуляції не спостерігали, тому структура наближалася до стану в інтактних тварин (рис. 4.46).

Разом з тим, у разі використання дієтичної добавки на основі хелатів йоду спостерігалася активація ретикулоепітеліальних клітин та морфологічна структура печінки також наближалася до стану в інтактних тварин (рис. 4.47).



Просвітлення матриксу частини ядер гепатоцитів. Гематоксилін-еозин, $\times 250$.

Рис. 4.46. Мікрофотографія. Печінка щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів селену за лікувальною схемою



Стан гепатоцитів наближений до біологічного контролю, ретикулоепітеліальні клітини активовані. Гематоксилін-еозин, $\times 400$.

Рис. 4.47. Мікрофотографія. Печінка щура на 30 добу після опромінення у дозі 7,0 Гр з вживанням дієтичної добавки на основі хелатів йоду за лікувальною схемою

У табл. 4.48 представлено дані морфометричних досліджень з визначення кількості двоядерних гепатоцитів (%) та діаметра ядра гепатоцита (мкм) у печінці тварин у проведених дослідах.

Таблиця 4.48

Кількість двоядерних гепатоцитів (%) та діаметр ядра гепатоцитів (мкм) в печінці тварин (щери), опромінених у дозі 7,0 Гр при вживанні дістичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою

Термін досліджу	n	Кількість двоядерних гепатоцитів, %			Діаметр ядра гепатоцита, мкм		
		$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	p ₁ (p ₂)	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	p ₁ (p ₂)
1	2	3	4	5	6	7	8
Інтактні тварини	25	7,21 ± 0,7	–	–	5,51 ± 0,5	–	–
O _{7,0}							
7 доба	15	4,91 ± 0,5	0,025	–	7,51 ± 0,7	0,023	–
14 доба	15	5,57 ± 0,5	0,105	–	7,08 ± 0,9	0,106	–
30 доба	10	11,3 ± 1,1	0,004	–	7,22 ± 0,9	0,088	–
O _{7,0} + Se							
7 доба	15	5,72 ± 0,5	0,139	0,262	7,01 ± 0,8	0,101	0,642

1	2	3	4	5	6	7	8
14 доба	15	6,29 ± 0,7	0,369	0,410	6,92 ± 0,5	0,069	0,878
30 доба	10	7,82 ± 0,9	0,628	0,025	5,63 ± 0,7	0,896	0,180
O _{7,0} + I							
7 доба	15	5,83 ± 0,4	0,158	0,162	7,69 ± 0,9	0,027	0,876
14 доба	15	7,26 ± 0,7	0,962	0,059	7,13 ± 0,8	0,078	0,967
30 доба	10	7,12 ± 0,9	0,943	0,009	6,03 ± 0,5	0,547	0,263

Примітки:

1. p – вірогідність при порівнянні O_{7,0} з інтактним контролем.
2. p₁ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з Se + O_{7,0}
3. p₂ – вірогідність при порівнянні дослідів O_{7,0} з I + O_{7,0}

Як видно з наведених даних, у тварин з контрольним опроміненням на 7 добу визначалося зменшення відсотка двоядерних гепатоцитів в 1,46 разу (p = 0,046) та збільшення діаметра ядер гепатоцитів в 1,36 разу (0,027) відносно інтактного контролю. На 30 добу показник плоідності клітин зростав в 1,56 разу (p = 0,002) та діаметр ядер гепатоцитів залишався підвищеним в 1,31 (p = 0,079) порівняно з інтактним контролем.

Використання досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду мало позитивний ефект на 30 добу у стабілізації стану печінки за визначеними показниками.

Таким чином, проведені морфологічні дослідження дозволили встановити достатню ефективність вживання досліджуваних дієтичних добавок на основі хелатів селену та йоду за лікувальною схемою відносно збереження морфоструктури, морфометричних параметрів та прискорення відновлення внутрішніх органів (тимус, селезінка, печінка) тварин при тотальному опроміненні у дозі 7,0 Гр.

РОЗДІЛ 5

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Для визначення конкурентоспроможності нової харчової продукції для споживача експертами здійснена порівняльна оцінка інноваційної продукції та продуктів-аналогів за показниками якості та ціни. Визначаючи якість продукту, споживачі орієнтуються на його основні параметри, відповідність яких певній ціновій категорії впливає на рішення щодо його придбання. Якісні характеристики продуктів харчування можливо оцінювати як об'єктивними методами під час дослідження їх хімічного складу, харчової цінності тощо, так й на основі експертних оцінок органолептичних характеристик та інших параметрів. Для дієтичних добавок головними критеріями є їх якість та безпечність використання, що зазначено у Законі України «Про безпеку і якість харчових продуктів». Згідно цього закону мінімальні специфікації якості – це характеристики якості, що встановлені як органолептичні, хімічні, біологічні, фізичні показники продукту, які забезпечують його придатність до застосування. Враховуючи зазначене загальна кількісна оцінка якості інноваційної продукції та продуктів-аналогів здійснена експертами за показниками безпечності, збагачення на есенціальні нутрієнти та органолептичними показниками.

Результати дослідження свідчать, що продукція, виготовлена за розробленими технологіями, має суттєві конкурентні переваги, порівняно з продуктами-аналогами. Харчова продукція, виготовлена з використанням розроблених харчових добавок є безпечною, вирізняється лікувально-профілактичним спектром дій, особливо в разі нестачі або недостатньої кількості в раціоні людини білка та органічно зв'язаних елементів, таких як йод, селен, має високі органолептичні показники, що відповідає вимогам споживачів до продукції функціонального призначення. Як свідчать розрахунки, незважаючи на більш високі роздрібні ціни на нові продукти

відносно продуктів-аналогів, їх цінність для споживачів є більш високою. Співвідношення коефіцієнтів якості до ціни перевищує 1,0, що свідчить про високий рівень конкурентоспроможності харчової продукції з використанням розроблених харчових добавок на споживчому ринку.

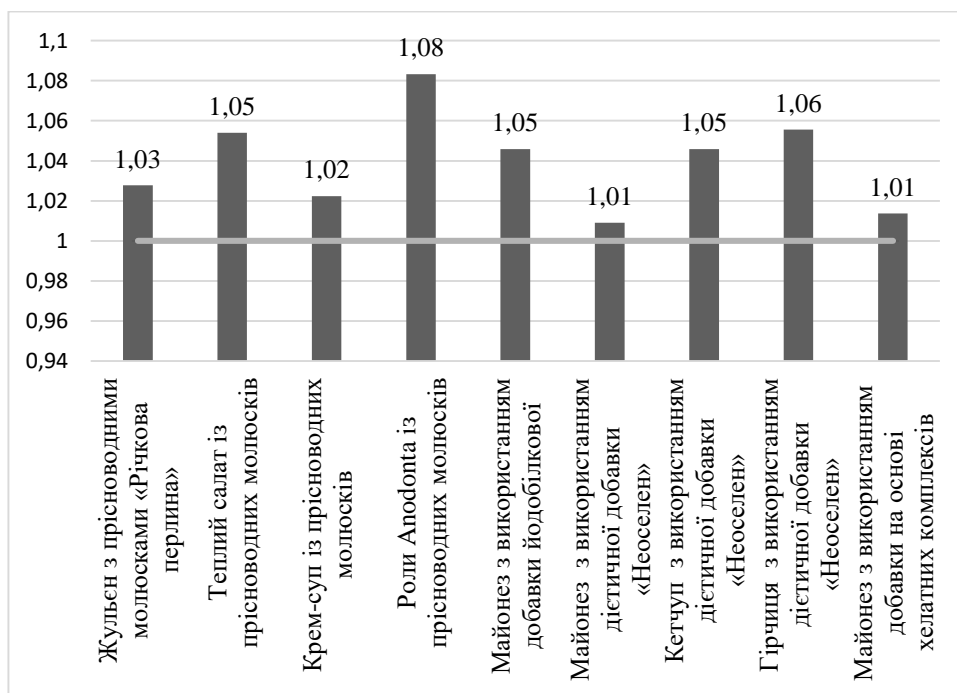


Рис. 5.1. Коефіцієнт конкурентоспроможності харчової продукції оздоровчого призначення, збагачену на есенціальні нутрієнти

Для оцінювання результатів наукових досліджень з точки зору ринкових переваг їх комерціалізації та впровадження у виробництво використано метод бальної оцінки із застосуванням певної шкали оцінювання за показниками перспективності розвитку ринку харчових добавок, наукоємності розробленої продукції та економічної ефективності її впровадження.

Аналіз тенденцій розвитку світового ринку свідчить про щорічне розширення асортименту традиційних харчових продуктів на 2–3%, а продуктів оздоровчого харчування – на 40–50%. Щодо ринку харчових добавок, то відповідно опублікованих даних за підсумками 2018 р. обсяг ринку харчових добавок оцінено у розмірі 115,1 млрд дол США. Найбільшими ринками харчових добавок є ринки Китаю та США. Виробництво харчових

добавок у світі має тенденцію до безперервного кількісного і якісного зростання. У період 2019-2025 рр. очікується його зростання на 7,8%. Його розмір наприкінці 2025 р. складе 124,1 млрд дол США. Для порівняння світовий ринок нанотехнологій, що визнано як один із динамічних сфер діяльності, до 2024 р. досягне показника у 125 млрд дол. США [310-312].

Про доцільність виведення на ринок розробленої харчової продукції оздоровчого призначення, збагаченої на есенціальні нутрієнти свідчать також результати досліджень ринку функціональних продуктів в Україні. Основними чинниками стійкого росту ринку харчових добавок визначено зростання попиту на продукти лікувально-профілактичного спрямування та здорового харчування, а також інновації в галузі виробництва харчових продуктів. Згідно досліджень Nielsen за 2018 рік жителі України, як і раніше, називають турботу про здоров'я одним з трьох найважливіших для себе питань та виявляють інтерес до функціональних продуктів. За опублікованими даними 71,0% українських споживачів дотримуються певної дієти [311]. Зміна звичок у харчуванні прямо впливає на споживчу поведінку. Так 75% українських покупців перевіряють склад на упаковках, а 73% готові платити більше за більш якісний продукт. Також 38,0% українських споживачів віддають перевагу соусам і кетчупам національного виробництва.

Зростання попиту на продукцію функціонального призначення та неможливість забезпечити організм людини усіма необхідними речовинами традиційними шляхами зумовлює об'єктивність впровадження у харчові виробництва інноваційних технологій виробництва нових продуктів. Це пояснює активність підприємств харчової промисловості щодо впровадження інноваційних розробок у практику господарської діяльності, зокрема продукції функціонального спрямування. За опублікованими даними із загальної кількості підприємств переробної промисловості, що впроваджують інновації, 26,0% становлять підприємства харчової промисловості, на які припадає 17,0% загальних витрат на інновації, що здійснені у сегменті переробної промисловості [312]. Ураховуючи світові тенденції щодо запиту на

продукцію оздоровчого призначення оператори ринку корегують товарні стратегії розширюючи асортименту пропозицію за рахунок функціональних продуктів. Так, наприклад, ТМ «Щедро» представила у 2015 р. кетчупи, а у 2017 лінійку гірчиці з органічними спеціями. Компанія «Чумак» наголошує на виробництві продукції (майонез) без консервантів за технологією пастерізації, «Верес» – на використанні натуральної сировини (гірчиця) [313].

Відзначаючи значні можливості щодо виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення експерти також відзначають високий рівень монополізації ринку харчових продуктів в Україні та конкуренції на ньому. Причому конкурентна боротьба розвивається практично тільки між вітчизняними виробниками. Зокрема ринок соусів і майонезів в Україні представлений переважно українськими товаровиробниками, такими як ПрАТ «Волиньхолдинг» (ТМ «Торчин Продукт»), ТОВ «Щедро» (ТМ «Щедро»), ПрАТ «Чумак» (ТМ «Чумак»), група компаній «Верес» (ТМ «Верес») та ін. Питома вага імпортованих соусів і майонезів на ринку України невелика. У 2017 році вона склала 5,9% [314]. Дані щодо обсягу і динаміки ринку харчових добавок, а також тенденції щодо споживання і виробництва харчової продукції оздоровчого призначення доводить економічну привабливість інвестицій у виробництво розробленої продукції, збагаченої на есенціальні нутрієнти.

Одним із напрямів формування стійких конкурентних переваг підприємства харчової промисловості є зміна структури виробництва в частині зменшення ресурсоемної продукції та активне впровадження наукоємної продукції. Наукоємність забезпечує унікальність продукції та неможливість її копіювання. Умовою визнання продукції наукоємною є перевищення частки витрат на наукові дослідження за інноваційними виробами порівняно із середніми частками аналогічних витрат у вартості продукції інших виробництв або галузей. За розрахунками наукоємність харчової продукції, виготовленої з використанням розроблених харчових добавок, визначена на рівні 0,95...1,97%, що, з огляду на дані Євростату, в 1,3...2,6 рази перевищує аналогічні характеристики за галузями в Україні (0,75%).

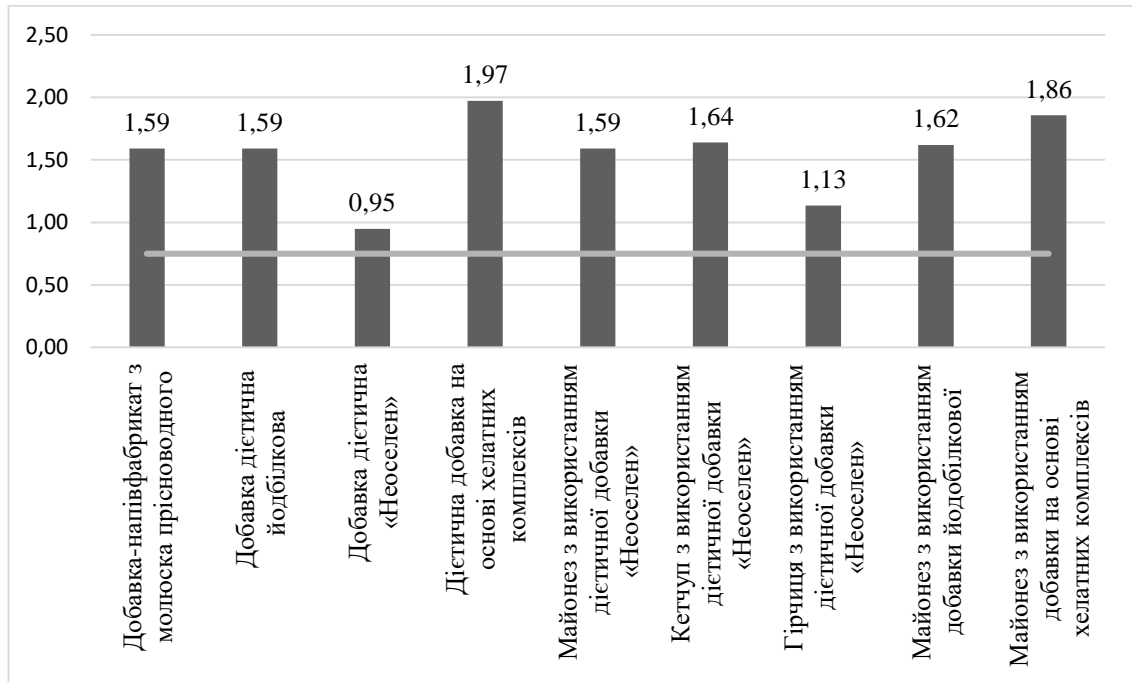


Рис. 5.2. Наукоємність продуктів оздоровчого призначення, збагачених на есенціальні мікронутрієнти

Наступний крок оцінки економічної ефективності результатів наукових досліджень пов'язаний з визначенням комерційної ефективності виробництва окремих видів продукції. Для підтвердження доцільності впровадження нової харчової продукції у практику господарської діяльності визначено витрати виробництва та вартість розроблених харчових добавок, а також розраховано ціни та визначено економічний ефект, що отримає виробник за умови реалізації розроблених харчових і продукції, виготовленої з їх додаванням. Комерційна ефективність виробництва окремих видів продуктів оцінювалась відповідно до існуючих методичних рекомендацій щодо визначення собівартості продукції та з врахуванням середніх індексів цін та тарифів на ресурси станом на липень 2019 р.

За розрахунками повна собівартість 1000 кг харчових добавок становитиме 50,4...2536,7 тис. грн. В разі прийняття рентабельності виробництва продукції на рівні 10,0% відпускна ціна складатиме 66,5...3348,5 грн за 1 кг реалізованої продукції. Прибуток, що отримає підприємство за

умови впровадження технології виробництва харчових добавок, становитиме 5,0...253,7 тис. грн на кожні 1000 кг реалізованої продукції в асортименті.

Розрахунок відпускних цін на харчову продукцію з використанням розроблених харчових добавок та порівняння їх з цінами на продукцію, виготовлену за традиційними технологіями дозволив зробити висновок, що використання харчових добавок дозволяє виробляти конкурентоспроможну за ціною харчову продукцію (рис. 5.3–5.5). Прибуток, що може отримати виробник харчової продукції, виготовленої з використанням розроблених харчових добавок становить 1,5...9,6 тис. грн на 1000 кг готової продукції в асортименті.

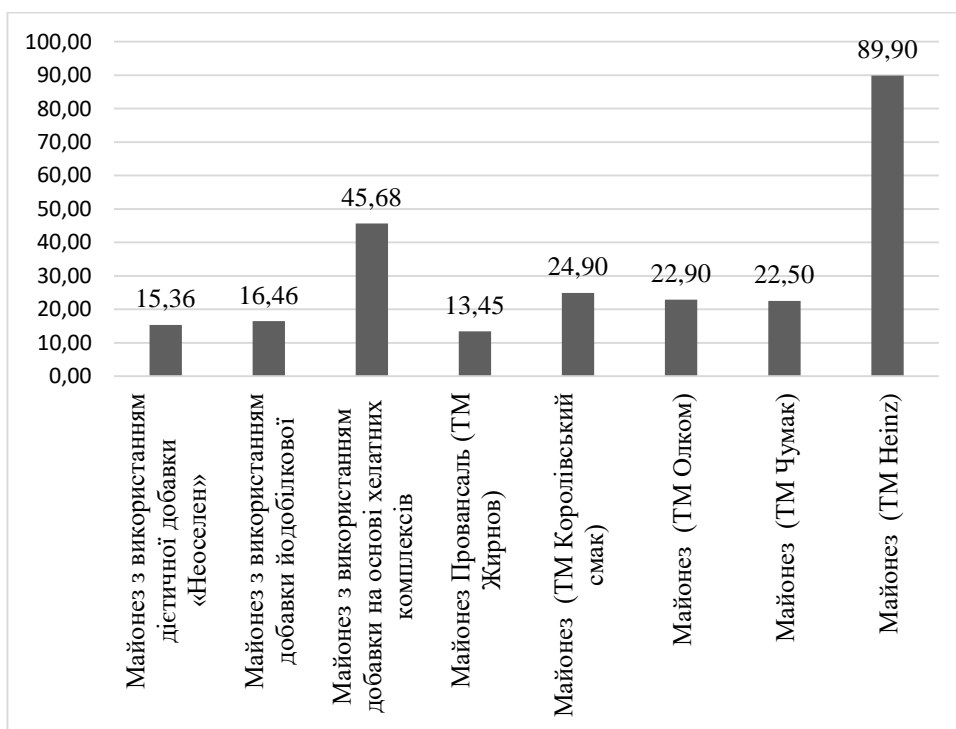


Рис. 5.3. Порівняння цін на майонез з додаванням розроблених харчових добавок і продукти-аналоги, грн/360 г (станом на липень 2019 р.)

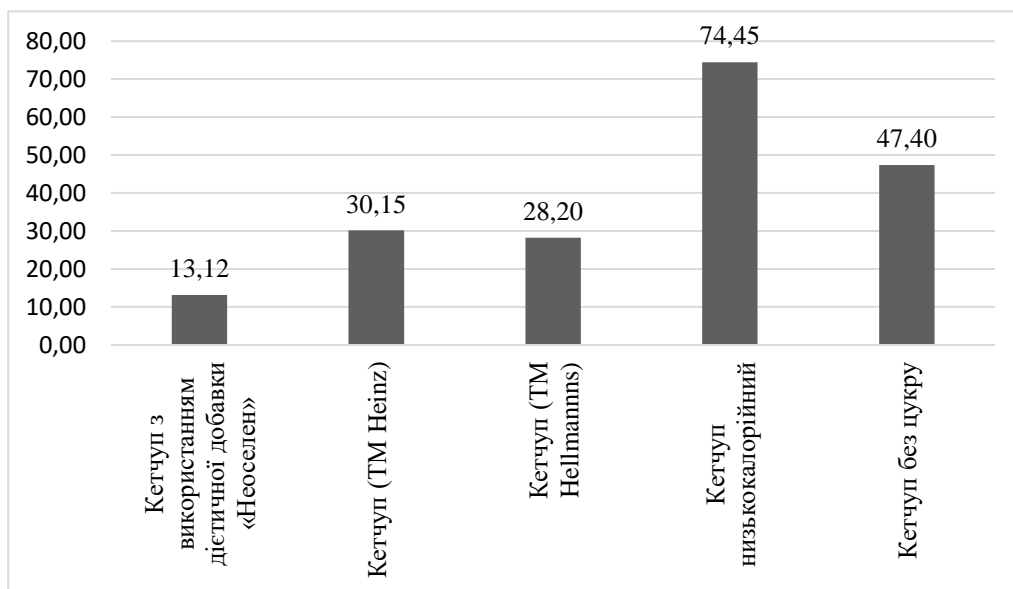


Рис. 5.4. Порівняння цін на кетчуп з додаванням розроблених харчових добавок і продукти-аналоги, грн/270 г (станом на липень 2019 р.)

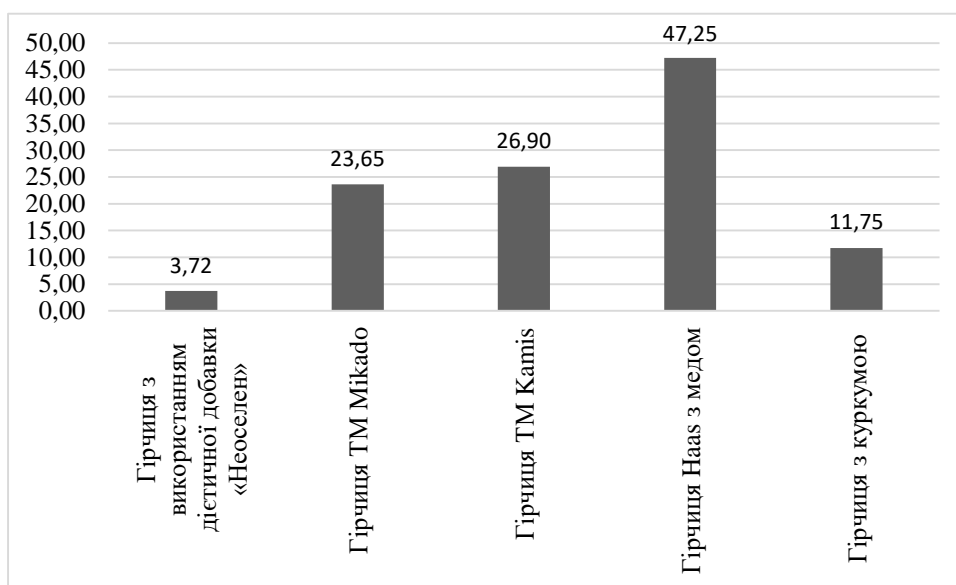


Рис. 5.5. Порівняння цін на гірчицю з додаванням розроблених харчових добавок і продукти-аналоги, грн/185 г (станом на липень 2019 р.)

Харчова промисловість є привабливим для інвестора видом економічної діяльності. За опублікованими даними упродовж 2015–2018 рр. 25,5...30,8% всіх інвестицій в основний капітал в переробній промисловості склали інвестиції у харчову промисловість. Враховуючи зазначене ринкові

перспективи впровадження наукової розробки визначено в комплексі з оцінкою її інвестиційної привабливості щодо впровадження у практичну діяльність. Для цього використано показник періоду окупності інвестованих коштів. Розрахунки здійснено з огляду на різні варіанти організації виробництва продуктів оздоровчого призначення, збагачених на есенціальні нутрієнти, практику виробництва харчових добавок і продукції з їх використанням, портфеля замовлень, собівартість і відпускні ціни на продукцію, питомі інвестиційні витрати у сегменті харчової промисловості. Економічні розрахунки свідчать про можливість реалізації проекту з виробництва харчових добавок за розроблених технологій та його привабливість для інвестора. За попередніми оцінками, залежно від складу виробничої програми період окупності проекту з виробництва продуктів оздоровчого призначення, збагачених на есенціальні нутрієнти (з урахуванням дисконтування) – 0,9...2,1 роки.

Узагальнення результатів проведених досліджень щодо якості та цінних параметрів харчової продукції, виготовленої з використанням розроблених харчових добавок, а також рівня її наукоємності, тенденцій розвитку ринку, економічної ефективності та інвестиційної привабливості виробництва харчових добавок наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Результат експертної оцінки наукової розробки за критерієм ринкових перспектив впровадження продукції

Характеристика	Максимальне значення, бал	Фактичне значення, бал	Коефіцієнт досягнення максимального значення
1	2	3	4
Якість продукції	5,0	4,0	0,81
Ціна продукції	5,0	4,2	0,83

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
Обсяг ринку	5,0	3,4	0,69
Наукомність продукції	5,0	3,6	0,71
Рентабельність продукції	5,0	4,4	0,89
Період окупності інвестицій	5,0	4,2	0,84
Разом	30,0	23,9	0,80
У середньому	5,0	4,0	0,80
Коефіцієнт ринкових перспектив	0,80		

За розрахунками загальний середній показник оцінки ринкових перспектив впровадження продуктів оздоровчого призначення збагачених на есенціальні нутрієнти склав 4,0 бали, що досягає 80,0 % від максимально можливого рівня оцінки (5 балів), що дозволяє зробити висновок про значні ринкові перспективи впровадження технологій виробництва продуктів оздоровчого призначення збагачених на есенціальні нутрієнти у практику господарської діяльності.

ВИСНОВКИ

1. Унаслідок аналізу вітчизняної та зарубіжної наукової літератури встановлено, що за наявності наукових розробок зі створення дієтичних харчових продуктів основною проблемою є забезпечення цільового надходження до організму есенціальних мінеральних речовин із метою корегування або стабілізації білково-мінерального стану людини. Це дозволило обґрунтувати актуальність створення харчових продуктів, збагачених мінеральними речовинами високої біодоступності.

2. На підставі даних стосовно фізіології людини науково обґрунтовано та проаналізовано схеми кінетики метаболізму есенціальних мінеральних сполук в організмі. Визначено шляхи засвоєння мінеральних речовин при метаболізмі їх в організмі людини. Зосереджено увагу на кінетиці хімічних елементів, які накопичуються, з урахуванням синергізму, елементів, що включаються в метаболізм, депонування та виведення. Науково обґрунтовано форми сполук, що засвоюються організмом людини, для забезпечення гомеостазу. Запропоновано вирішення проблеми усунення дефіциту мінеральних есенціальних сполук. Розроблено класифікацію джерел есенціальних мінеральних речовин для забезпечення фізіологічних потреб організму з огляду на кінетику їх метаболізму.

3. Розроблено та науково обґрунтовано технологію дієтичних добавок на основі хелатних комплексів. Досліджено органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, токсикологічні показники добавок та їх зміни під час зберігання. Установлена послідовність технологічних операцій та обґрунтовано їх режими, а саме: витримування суміші NaKMЦ та хелату за $t=18...20^{\circ}\text{C}$, $\tau=(60...90)\times 60$ с із подальшим сушінням за $t=90...100^{\circ}\text{C}$.

4. Теоретично обґрунтована ефективність добавок, що за хімічними ознаками утворюють вандервальсові комплекси з повноцінними білками тваринного походження. Сполуки включаються до метаболізму людини, що потребує певних енергетичних витрат організму. Установлені оптимальні

режими отримання йодобілкової добавки ($pH=(7\pm 0,2)$ із 0,4 н. розчину KI, $t=20^{\circ}\text{C}$, $\tau=2\times 60^2$ с) із подальшим сушінням отриманої маси та видаленням неорганічних залишків йоду із порошкоподібної системи шляхом термостатування за $t=(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$ впродовж $(10\dots 12)\times 60^2$ с. Показники якості й безпечності нової добавки відображено в ТУ У 108-01566330-281:2013 «Добавки збагачувальні білково-мінеральні». Розроблено та науково обґрунтовано технологію добавок дієтичних селен-білкових (ДДСБ) «Сивоселен Плюс» та «Неоселен» на основі молочної сироватки. Як джерело сполук Se використано CaSeO_4 для «Сивоселен Плюс» та NaSeO_5 для «Неоселену». Визначено форми, в яких міститься Se у ДДСБ, та характер його сполучення з білками сироватки молока. Виявлено 26,7% металічного селену, 39% селен-білкових сполук та 33% у вигляді непрореагованих неорганічних сполук. Визначено органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та токсикологічні показники ДДСБ, у тому числі протягом зберігання. Визначено умови та термін зберігання: за температури не вище 20°C і відносної вологості повітря 75% 6 місяців.

5. За побудованою математичною моделлю взаємного розташування добавок порошків встановлено, що в харчових системах оздоровчого призначення на 1 частину добавки йодобілкової діаметром 400 мкм припадає 150 частинок добавки «Неоселен» діаметром 15 мкм, що дозволяє зберегти співвідношення I та Se відповідно до добової потреби в готовій добавці. Встановлено розміри добавок «Неоселен» (d_1) та йодобілкової (d_2) для кількості 300 шт. заповнення сфери діаметра d_1+2d_2 зі щільністю 0,9. Модель дозволила обґрунтувати відносну дисперсність добавок відповідно до умов їх створення.

6. Уперше розроблено технологію напівфабрикатів з прісноводних молюсків як джерела білка та есенціальних мінеральних сполук. З огляду на позитивний вплив отримання напівфабрикатів розроблено та науково обґрунтовано технологію промислового розведення прісноводних двостулкових молюсків роду Anodonta. Відповідно до вимог чинних

законодавчих та нормативних документів визначено показники безпеки напівфабрикату з молюска прісноводного. Обґрунтовано умови та терміни зберігання напівфабрикату: за температури -18°C – 6 місяців. Визначено перспективи щодо розширення асортименту кулінарної продукції шляхом використання напівфабрикату з молюска прісноводного як джерела білка та есенціальних мінеральних речовин.

7. Розроблено та науково обґрунтовано технологію м'ясних посічених виробів. Експериментально визначено закономірності розподілення порошкоподібних дієтичних добавок у складі м'ясних посічених виробів. Установлено, що в зразках із геометричними розмірами $5 \times 5 \times 5$ см розподілення Mn^{2+} не перевищує $\pm 25\%$, що відповідає меті дослідження щодо рівномірного розподілення мінеральних речовин у харчових системах. Томограми ЯМР і ЕПР показали, що крім фактора механічного розподілу добавок у м'ясних посічених виробках, велику роль відіграє кількість водного компонента в цій частині системи. Установлено, що кількість спінової мітки в певному об'ємі корелює з кількістю та часом релаксації води, що вказує на залежність розподілу порошкоподібної дієтичної добавки від рецептури м'ясних посічених виробів.

8. Розроблено та науково обґрунтовано технології хлібобулочних виробів, збагачених есенціальними мінеральними сполуками. Установлено, що залежно від виду тістових заготовок додавання добавки змінює реологічні характеристики. Відносна пластичність збільшується на $30,2 \dots 45,7\%$ порівняно з традиційними виробами, що поліпшується зміною співвідношення вільної та зв'язаної води у досліджуваних харчових системах. Збільшується кількість невимороженої води порівняно з контролем у $12 \dots 17$ разів залежно від виду тістових заготовок, що дає можливість подовжити терміни зберігання розробленої продукції.

9. Розроблено та науково обґрунтовано технологію макаронних виробів, збагачених есенціальними мінеральними речовинами. Установлено, що додавання дієтичних порошкоподібних добавок на основі хелатних

комплексів у кількості 1,0% та 2,0% до маси борошна приводить до покращення варильних показників якості макаронних виробів: підвищується коефіцієнт збільшення маси на 9,5% та 19,0% відповідно, порівняно з контролем, зменшуються витрати сухих речовин, що переходять у варильне середовище, на 7,0% та 19,0%. У разі збільшення дозування дієтичних порошкоподібних добавок на основі хелатних комплексів до 4,0% макаронні вироби під час варіння більш інтенсивно поглинають вологу, про що свідчить зростання коефіцієнта збільшення маси на 42,9% порівняно з контролем, починають злипатися та втрачають форму. Перехід сухих речовин у варильне середовище при цьому зростає на 9,5%. За умови дозування більше 2,0% над властивостями клейковини починають переважати властивості самої добавки – велика здатність до набухання та утворення в'язких розчинів, що негативно впливає на варильні показники якості макаронних виробів.

10. Обґрунтовано, що в разі часткової заміни яєчного порошку на добавку йодобілкову на стадії перемішування в кількості 1% підвищується стійкість емульсій соусів. Доведено перспективність широкого використання ДДСБ «Неоселен» у технології соусів. Розроблені технології адаптовані до умов існуючих виробників ресторанного господарства та промисловості, що дозволило отримати певні економічні та соціальні ефекти.

11. Проведено медико-біологічні дослідження лікувального та лікувально-профілактично застосування дієтичних добавок на лінійних щурах. За умови вживання 1,5 мг добавки в разі гострого впливу на організм іонізуючого випромінювання в дозі 7,0 Гр, виявлено радіомодифікуючі властивості сполук селену та йоду, які реалізувалися у зменшенні виникнення клінічних проявів ГПХ, зростанні показників 30-добової виживаності, модифікації профілю пострадіаційної загибелі та поліпшенні гематологічних і біохімічних показників.

12. Наукоємність виробництва харчової продукції, виготовленої з використанням розроблених дієтичних добавок, визначена на рівні 0,95...1,97%, що в 1,3...2,6 рази перевищує відповідні показники за іншими

видами економічної діяльності в Україні. Доведено економічну доцільність упровадження розробок у практичну діяльність підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства. Визначено, що додатковий прибуток виробника складатиме 1,5...9,6 тис. грн на кожні 1000 кг реалізованої харчової продукції, виготовленої з використанням розроблених дієтичних добавок та доводить доцільність і перспективність виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення, збагачених есенціальними мінеральними речовинами для інвестора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анке М., Мюллер Р., Шефер У. Потребление, совокупное усвоение, баланс микроэлементов и риск его нарушения у взрослых людей на смешанной диете и вегетарианцев, употребляющих в пищу молоко и яйца // Микроэлементы в медицине. 2005. Т. 6, № 2. С. 1–14.
2. Josip Novoselec, Matija Domaćinović, Zvonko Antunović, Zdenko Lončarić, Željka Klir Poljoprivreda. Biofortification of feedstuffs with microelements in animal nutrition. 2018. Vol. 24 (1). P. 25–34.
3. Сердюк А. М., Гуліч М. П., Каплуненко В. Г., Косінов М. В. Нанотехнології мікронутрієнтів: проблеми, перспективи та шляхи ліквідації дефіциту макро- та мікроелементів // Журнал АМН України. 2010. Т. 16, № 1. С. 107–114.
4. Shapovalov S. O. Metabolism level in piglets under the condition of introduction of the complex organic compounds of essential microelements // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, медицина. 2010. Вип. 1 (2). С. 96–100. DOI: 10.15421/021031.
5. Возіанов О. Ф. Харчування та здоров'я населення України (концептуальні основи раціонального харчування) // Журнал АМН України. 2002. Т. 8, № 4. С. 647–657.
6. Nenad Martinec, Sandra Balbino, Jasminka Dobša, Vesna Šimunić-Mežnarić, Saša Legen Macro- and microelements in pumpkin seed oils: Effect of processing, crop season, and country of origin // Food Science & Nutrition. 2019. Vol. 7 (5). P. 1634–1644. DOI: 10.1002/fsn3.995.
7. Sokol R. J. Vitamin E // Present knowledge in nutrition. 7th ed. Washington, DC: ILSI Press, 1996. P. 130–136.
8. Joksimović-Todorović Mirjana, Davidović Vesna, Bojanić-Rašović Mirjana. The effects of some microelements supplementation: Selenium, zinc and copper into dairy cows feeds on their health and reproductive performances // Biotechnology in Animal Husbandry. 2016. Vol. 32 (2). P. 101–110.

9. Каприльянц Л. В., Йоргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса: Друк, 2003. 312 с.

10. Michal Medvecký, Ján Daniel, Alena Vollmannová, Stanislav Zupka. Impact of conventional and organic fertilizer application on the content of macro- and microelements in the fruit of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2014. Vol. 3 (special issue 3 (Food Sciences)). P. 259–262.

11. Волгарь М. Н., Скурихин И. М. Хімічний склад харчових продуктів. Москва: Агропромиздат, 1987. 224 с.

12. Mária Timoracká, Ján Tomáš, Alena Vollmannová, Pavol Trebichalský, Ľuboš Harangozo. Minerals, microelements and polyphenols content in the soybean varieties grown in different localities of Slovakia // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2015. Vol. 4 (special issue 3 (Food Sciences)). P. 152–156.

13. Shrimpton D. H. Nutritional implications of micronutrients interactions // *Chemist and Druggist*. 2004. 15 May. P. 38–41.

14. Živkov-Baloš Milica, Jakšić Sandra, Mihaljev Željko, Čupić Željko, Stojanov Igor, Apić Jelena, Jovičin Milovan. Microelements and heavy metals in raw cow milk from various regions in Serbia // *Veterinarski Glasnik*. 2013. Vol. 67 (5-6). P. 317–328. DOI: 10.2298/VETGL1306317Z.

15. Корзун В. Н., Тихоненко Ю. С. Функціональні продукти і їх роль у харчуванні людини // *Наукові праці Одеської нац. акад. харч. технологій*. 2010. Вип. 38, т. 2. С. 173–180.

16. Saeed Akhtar, Tariq Ismail, Muhammad Riaz. Safety assessment of street vended juices in Multan-Pakistan: A study on prevalence levels of trace elements // *International Journal of Food and Allied Sciences*. 2015. Vol. 1 (1). P. 1–10.

17. Тутельян В. А., Спиричев В. Б., Суханов Б. П., Кудашева В. А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. Москва: Колос, 2002. 423 с.

18. Saeed Akhtar, Tariq Ismail, Muhammad Riaz. Safety assessment of street vended juices in Multan-Pakistan: A study on prevalence levels of trace elements International // Journal of Food and Allied Sciences. 2015. Vol. 1 (1). P. 1–10. DOI: 10.21620/ijfaas.201511-10.

19. Москаленко В. Ф., Грузева Т. С., Галієнко Л. І. Особливості харчування населення України та їх вплив на здоров'я // Соціальна медицина. 2009. № 3. С. 64–73.

20. Jelena Milivojević, Ljiljana Bošković-Rakočević, Vera Đekić, Kristina Luković, Zoran Simić. Cultivar-specific accumulation of iron, manganese, zinc and copper in winter wheat grain (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Central European Agriculture. 2018. Vol. 19 (2). P. 423–436. DOI: 10.5513/JCEA01/19.2.2051.

21. Вашман А. А., Пронин И. С. Ядерная магнитная релаксация и её применение в химической физике. Москва: Наука, 1979. 236 с.

22. Savelieva E. V., Shumova A. S., Vladymyrova I. M. The study of mineral content in *Thalictrum foetidum* L. herb and roots // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2016. Vol. (1). P. 57–59. DOI: 10.14739/2409-2932.2016.1.62032.

23. Тутельян В. А., Стратегия разработки, применения и оценки эффективности биологически активных добавок к пицц // Вопросы питания. 1996. № 6. С. 3–10.

24. AL-Gahri M. A., Almussali M. S. Microelement Contents of Locally Produced and Imported Wheat Grains in Yemen // E-Journal of Chemistry. 2008. Vol. 5 (4). P. 838–843. DOI: 10.1155/2008/308183.

25. Maxfield B. Essential MathCAD for Engineering, Science and Math. Second Edition. 2009. P. 289–293.

26. Knapowski Tomasz, Kozera Wojciech, Chmielewski Jarosław, Gorczyca Damian, Wszelaczyńska Elżbieta, Pobereżny Jarosław Mineral fertilization as a factor determining technological value of grain of *Triticum aestivum* ssp. *spelta* // Environmental Protection and Natural Resources. 2016. Vol. 27 (3). P. 8–13. DOI: 10.1515/oszn-2016-0021.

27. Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н., Поздняковский В. М. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные подходы и практические решения // Пищевая промышленность. 2003. № 3. С. 10–17.

28. Vishneva E. A., Torshkoeva R. M., Barannik V. A., Levina Yu. G., Efendieva K. E., Alekseeva A. A. Correction of vitamin-deficient conditions in children with atopy // Педиатрическая фармакология. 2011 Vol. 8 (1). P. 101–104.

29. Гаппаров М. Т., Функциональные продукты питания // Пищевая промышленность. 2003. № 3. С. 6–7.

30. Boruk Sergiy, Winkler Igor, Romanovska Olga, Gerych Olga Quinoa as a substitute for semolina: some aspects and problems of introduction // Food and Environment Safety. 2017. Vol. 16 (4). P. 196–201.

31. Farrar T., Becker E. Pulse and Fourier transform NMR. Maryland, U.S.A. Academic Press, 1973. 118 p.

32. Boris Majić, Saša Likić, Iva Juranović Cindrić, Gordana Rusak, Ivana Šola Characterisation of *Sorbus domestica* L. Bark, Fruits and Seeds: Nutrient Composition and Antioxidant Activity // Food Technology and Biotechnology. 2015. Vol. 53 (4). P. 463–471.

33. Лисюк Г. М., Олійник С. Г., Самохвалова О. В., Кучерук З. І. До питання класифікації продуктів спеціального призначення // Наукові праці ХДУХТ. 2011. Вип. 2 (14). С. 12–18.

34. Alekseeva T. V., Kalgina Yu. O., Evlakova V. S., Malakova L. A. Prospects for the use of alfalfa seeds in the production of special food products // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Вып. 79 (3). С. 93–96.

35. Мостенська Т. Г. Принципи збалансування продовольчої безпеки: монографія. Київ: Кондор, 2014. 360 с.

36. Yoshiyuki Okano, Toshikazu Hattori, Hiroki Fujimoto, Kaori Noi, Miki Okamoto, Toshiaki Watanabe, Ryoko Watanabe, Rika Fujii, Tomoko Tamaoki. Nutritional status of patients with phenylketonuria in Japan // Molecular Genetics

and Metabolism Reports. 2016. Vol. 8. P. 103–110. DOI: 10.1016/j.ymgmr.2016.08.005.

37. Стрейн Дж. Микронутриенты: вопросы питания и хронические болезни // Вопр. питания. 2000. № 3. С. 43–45.

38. Hegheduș-Mîndru Ramona Cristina, Hegheduș-Mîndru Gabriel, Negera Petru, Șumălan Radu, Negrea Adina, Ștef Ducu. The monitoring of mineral elements content in fruit purchased in supermarkets and food markets from Timisoara, Romania // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 2014. Vol. 21 (872203). P. 98–105.

39. Смоляр В. І., Петрашенко Г. І., Голохова О. В. Фортифікація харчових продуктів // Проблеми харчування. 2014. № 1. С. 29–32.

40. Stehlik-Tomas Vesna, Stanzer Damir, Grba Slobodan, Vahčić Nada, Gulan Zetić Vlatka. Zinc, Copper and Manganese Enrichment in Yeast *Saccharomyces cerevisiae* // Food Technology and Biotechnology. 2004. Vol. 42 (2). P. 115–120.

41. Громова О. А., Ребров В. Г. Вітаміни, макро- і мікроелементи. Москва: Геотар-Медіа, 2008. 960 с.

42. Nae-Cherng Yang, Chung-Chi Wu, Rosa Huang Liu, Yu-Chin Chai, Chin Yin Tseng. Comparing the functional components, SOD-like activities, antimutagenicity, and nutrient compositions of *Phellinus igniarius* and *Phellinus linteus* mushrooms // Journal of Food and Drug Analysis. 2016. Vol. 24 (2). P. 343–349. DOI: 10.1016/j.jfda.2015.11.007.

43. Спиричев В. Б., Блажеевич Н. В. Дефіцити нутрієнтів в організмі людини // Питання харчування. 1995. № 4. С. 5–12.

44. Weronika Prochwicz Zagórska, Teresa Fortuna, Dorota Gałkowska. Physicochemical quality of selected strawberry jams with fructose // 2010. Vol. 4 (2). P. 22–24. DOI: 10.5219/46.

45. Hashemi Gahrue H., Eskandari M. H., Mesbahi G., Hanifpour M. A. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review // Food Science and

Human Wellness. 2015. Vol. 4, Issue 1. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>.

46. Korish Mohamed. Nutritional evaluation of wild plant *Cissus rotundifolia* // Italian Journal of Food Science. 2016. Vol. 28 (1). P. 43–49. DOI: 10.14674/1120-1770/ijfs.v456.

47. Тутельян В. А., Спиричев В. Б., Суханов Б. П., Кудашева В. А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. Москва: Колос, 2002. 424 с.

48. Kapustyan A., Chernoharčova N. Chelate forms of biometalls. Theoretical aspects of obtaining and characteristics // Наука і технологія. 2017. Vol. 11 (1). DOI: 10.15673/fst.v11i1.297.

49. Пилат Т. Л., Иванов А. А. Биологически активные добавки к пище. Москва: Авалон, 2002. С. 221–226.

50. Tarmayeva I. Y., Tsyrenzhapova N. A., Boyeva A. V. Content of macroand microelements in the ration of children nutrition // Acta Biomedica Scientifica. 2013. Vol. 3(2). P. 140–143.

51. Fulgoni V. L., Keast D. R., Bailey R. L., Dwyer J. Foods, Fortificants, and Supplements: Where Do Americans Get Their Nutrients? // The Journal of Nutrition. 2011. Vol. 141, Issue 10. P. 1847–1854. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.111.142257>.

52. Gins Murat, Gins Valentina, Motyleva Svetlana, Kulikov Ivan, Medvedev Sergei, Kononkov Petr, Pivovarov Viktor. Mineral composition of amaranth (*Amaranthus L.*) seeds of vegetable and grain usage by ARHIVBSP selection // Vol. 12 (1). P. 330–336. DOI: 10.5219/863.

53. Химический состав пищевых продуктов: справочник / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. Москва: Агропромиздат, 1987. 310 с.

54. Ludajić Gordana I., Pezo Lato L., Filipović Nada K., Filipović Jelena N. The content of essential and toxic elements in wheat bran and flour // Hemijska Industrija. 2015. Vol. 69 (4). P. 417–423. DOI 10.2298/HEMIND140322056L.

55. Katz D. L., Meller S. Can We Say What Diet Is Best for Health? // Annual Review of Public Health. 2014. Vol. 35, Issue 1. P. 83–103. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182351>.

56. Lotysh N., Arseneva T. The study of fish supplement and butterfat substitute effect on expiry date of processed cheese product // Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2015. Vol. 15 (4). P. 307–312.

57. Погорелов М. В., Бумейстер В. І., Ткач Г. Ф. та ін. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. 147 с.

58. Stennikova O.V., Levchuk L.V. Physiological role of calcium and vitamin D: opportunities of nutritional correction of deficiency in pre-schoolchildren and younger schoolchildren // Вопросы современной педиатрии. 2010. Вып. 9 (2). С. 141–145.

59. Cherevko O., Kiptelaya L., Mikhaylov V., Zagorulko A., Zagorulko A. Development of energy-efficient ir dryer for plant raw materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. Vol. 4, Issue 8 (76). P. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47777>.

60. Somayeh Sanjari, Hamid Sarhadi, Fatemeh Shahdadi. Investigating the Effect of Spirulina Platensis Microalgae on Textural and Sensory Properties of Baguette Bread // Journal of Nutrition and Food Security. 2018. Vol. 3 (4). P. 218–225.

61. Дружилов С. А. Здоровый образ жизни как целесообразная активность человека // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 4. С. 648–654.

62. Kiss Zsuzsanna, Kert Annamária, Szabó Csaba, Bordán Judit. Experiments of fortified egg yolk powder in mice // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2012. Vol. 2 (2). P. 556–563.

63. Akhtar S., Anjum F. M., Anjum M. A. Micronutrient fortification of wheat flour: Recent development and strategies // Food Research International. 2011. Vol.

44, Issue 3. P. 652–659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.033>.

64. Stennikova O. V., Levchuk L. V., Sannikova N. E. Problem of vitamin provision in schoolchildren in modern conditions // Вопросы современной педиатрии. 2008. Вып. 7 (4). С. 62–67.

65. Gharibzahedi S. M. T., Jafari S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 62. P. 119–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>.

66. Kelly Aparecida Caetano, Juliana Muselli Ceotto, Ana Paula Badan Ribeiro, Francielli Pires Ribeiro de Moraes, Roseli Aparecida Ferrari, Maria Teresa Bertoldo Pacheco, Caroline Dario Capitani. Effect of baru (*Dipteryx alata* Vog.) addition on the composition and nutritional quality of cookies // Food Science and Technology. DOI: 10.1590/1678-457x.19616.

67. Özer B. H., Kirmaci H. A. Functional milks and dairy beverages // International Journal of Dairy Technology. 2010. Vol. 63, Issue 1. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00547.x>.

68. Stennikova O. V., Levchuk L. V., Sannikova N. E. Problem of vitamin provision in schoolchildren in modern conditions // Вопросы современной педиатрии. 2008. Вып. 7 (4). С. 62–67.

69. Возіанов О. Ф. Харчування та здоров'я населення України (концептуальні основи раціонального харчування) // Журнал. АМН України. 2002. Т. 8, № 4. С. 647–657.

70. Popova V., Yaroshenko O., Sergeeva N. The effect of foliar feeding on physiological condition of apple trees and chemical content of fruits // Potravinarstvo. Vol. 12 (1). P. 634–643. DOI: 10.5219/928.

71. Betoret E., Betoret N., Vidal D., Fito P. Functional foods development: Trends and technologies // Trends in Food Science & Technology. 2011. Vol. 22, Issue 9. P. 498–508. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.05.004>.

72. Kholina V. N., Yakovlev T. A. World Soybean Market in the View of Regional Food Security (Late XX – early XXI century) // Journal of Economics / RUDN. 2008. Vol. 4. P. 37–44.

73. Мухин Н. А., Козловская Л. В. Клиническое значение микроэлементов // Микроэлементы в медицине. 2005. Т. 6, № 1. С. 42–46.

74. Lukáčová Anetta, Golian Jozef, Massanyi Peter, Formicki Grzegorz. Lead concentration in meat and meat products of different origin // Potravinarstvo. 2014. Vol. 8 (1). P. 43–47. DOI: 10.5219/334.

75. Погорелов М. В. та ін. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. 147 с.

76. Toilibou Soifoini, Dario Donno, Victor Jeannoda, Ernest Rakotoniaina, Soule Hamidou, Said Mohamed Achmet, Noe Rene Solo, Kamaledine Afraitane, Cristina Giacomina, Gabriele Loris Beccaro. Bioactive Compounds, Nutritional Traits, and Antioxidant Properties of Artocarpus altilis (Parkinson) Fruits: Exploiting a Potential Functional Food for Food Security on the Comoros Islands // Journal of Food Quality. 2018. DOI: 10.1155/2018/5697928.

77. Спиричев В. Б., Блажевич Н. В. Дефіцити нутрієнтів в організмі людини // Питання харчування. 1995. № 4. С. 5–12.

78. Dyshluk L. S., Sukhikh S. A., Ivanova S. A., Smirnova I. A., Subbotina M. A., Pozdnyakova A. V., Neverov E. N., Garmashov S. Yu. Prospects for using pine nut products in the dairy industry // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6 (2). P. 264–280. DOI: 10.21603/2308-4057-2018-2-264-280.

79. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Паука, 2008. 544 с.

80. Giro T. M., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kozlov S. V., Tasmuchanov N. V. In vivo enrichment of the lamb of essential trace elements for its use in the technology of functional foods // Теория и практика переработки мяса. 2018. Вып. 3 (3). С. 74–88. DOI: 10.21323/2414-438X-2018-3-3-74-88.

81. Alemán M., Bou R., Tres A., Polo J., Codony R., Guardiola F. The effect of citric acid and ascorbyl palmitate in palm oil enriched with heme iron: A model

for iron fortification in bakery products // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2014. Vol. 116, Issue 3. P. 300–310. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300007>.

82. Alekseeva T. V., Kalgina Y. O., Evlakova V. S., Malakova L. A., Zdorovtsev E. O., Fursova A. P. Getting food emulsified foams enriched with native calcium // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2019. Вып. 81 (1). С. 120–124. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-120-124.

83. Скальный А. В. Микроэлементы для вашего здоровья. Москва: ИД «Оникс 21 век», 2004. 320 с.

84. Novaković Aleksandra R., Karaman Maja A., Milovanović Ivan LJ., Torbica Aleksandra M., Tomić Jelena M., Pejin Boris M., Sakač Marijana B. Nutritional and phenolic profile of small edible fungal species *Coprinellus disseminatus* (pers.) J.E. Lange 1938 // *Food and Feed Research*. 2018. Vol. 45 (2). P. 119–128.

85. Кудашева В. А., Тутельян В. А., Спиричев В. Б., Суханов Б. П. Микронутрієнти в харчуванні здорової і хворої людини. Москва: Колос, 2002. 425 с.

86. Subbotina M. A., Dolgolyuk I. V. Study of composition and biological value of pinon kernel of siberian pine // *Foods and Raw Materials*. 2015. Vol. 3 (1). P. 56–61. DOI: 10.12737/11238.

87. Protasova O., Maksimova I., Botvin M., et al. Morphological disintegration of biological fluids and tissues and the imbalance of macro and microelements // *Hum. Physiol*. 2007. Vol. 33, № 2. P. 221–225.

88. Lili Liang, Cong Wang, Shaoguang Li, Xuemei Chu, Kunlai Sun. Nutritional compositions of Indian *Moringa oleifera* seed and antioxidant activity of its polypeptides // *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7 (5). P. 1754–1760. DOI: 10.1002/fsn3.1015.

89. Шкала Л. В. Микроэлементы: биологическая роль в организме человека // *Галицк. мед. вісн.* 2003. Т. 10 (4). С. 125–127.

90. Stennikova O.V., Levchuk L.V. Physiological role of calcium and vitamin D: opportunities of nutritional correction of deficiency in pre-schoolchildren and younger schoolchildren // Вопросы современной педиатрии. 2010. Вып. 9 (2). С. 141–145.

91. Pogozhikh N., Golovko T., Pak A., Dyakov A. Study of regularities of distributing powdered dietetic additives in coarse dispersed foodstuffs // Food science and technology. 2017. Vol. 11, Issue 4. P. 72–80. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v11i4.733>.

92. Mamonova L.G. Present day concerns on diet of pregnant and nursing mothers // Вопросы современной педиатрии. 2006. Вып. 5 (4). С. 104–106.

93. Ребров В. Г., Громова О. А. Витамины и микроэлементы. Москва: Алев-В, 2003. 674 с

94. Ľuboš Harangozo, Alena Vollmannová, Anežka Poláková, Dana Urminská, Blažena Lavová, Silvia Šillerová. Preparation of zinc enriched yeast (*saccharomyces cerevisiae*) by cultivation with different zinc salts // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2012. Vol. 1 (Special issue). P. 689–695.

95. Каприльянц Л. В., Юргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса: Друк, 2003. 312 с.

96. Malenčić Đorđe P., Kevrešan Žarko S., Popović Milan T. Mineral composition of selected *Salvia* species growing wild in the Vojvodina Province // Zbornik Matice Srpske za Prirodne Nauke. 2003. Vol. 2003 (105). P. 25–33. DOI: 10.2298/ZMSPN0305025M.

97. Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 960 с.

98. Niankovskyi S. L., Pasichniuk I. P. Assessment of Nutritional Status of Grade 1–11 Schoolchildren in Lviv // Здоровье ребёнка. 2016. Вып. 11 (1.69). С. 77–81. DOI: 10.22141/2224-0551.1.69.2016.73721.

99. Bender C. J., Berliner L. J. Computational and Instrumental Methods in EPR, in Biological Magnetic Resonance. Springer Verlag, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-38880-9>.

100. Mamonova L.G. Present day concerns on diet of pregnant and nursing mothers // Вопросы современной педиатрии. 2006. Вып. 5 (4). С. 104–106.

101. Бреженер С. М. Вітаміни та їх клінічне застосування. Москва: Медицина, 1966. 420 с.

102. Niankovskiy S. L., Pasichniuk I. P. Assessment of Nutritional Status of Grade 1–11 Schoolchildren in Lviv // Здоровье ребёнка. 2016. Вып. 11 (6.74). С. 45–49. DOI: 10.22141/2224-0551.6.74.2016.82130.

103. Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф. Биологическая химия: учебник. Москва: Медицина, 2000. 315 с.

104. Jiří Mlček, Martin Adamek, Anna Adámková, Marie Borkovcová, Martina Bednářová, Josef Skácel Detection of selected heavy metals and micronutrients in edible insect and their dependency on the feed using XRF spectrometry // Potravinarstvo. 2017. Vol. 11 (1). P. 725–730. DOI: 10.5219/850.

105. Koshland D. E., Application of a Theory of Enzyme Specificity to Protein Synthesis // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1958 № 44 (2). P. 98–104.

106. Kodentsova V. M. Enriched Milk Drinks for Vitamin Deficiency Correction in Toddlers and Preschoolers // Вопросы современной педиатрии. 2017. Вып. 16 (2). С. 118–125. DOI: 10.15690/vsp.v16i2.1712.

107. Пак А. О., Євтушенко А. В. Дослідження стану вологи пастоподібних напівфабрикатів у процесі заморожування, розморожування, зберігання // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2010. Т. 3, № 10 (45). С. 54–56. URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2909/2712>

108. Goncharuk A. A. Small – capacity unit for flour production and panification // Зернові продукти і комбікорми. 2017. Вип. 17 (3). DOI: 10.15673/gpmf.v17i3.661.

109. Анісімова А. А. Основи біохімії: підручник для студ. біол. спец. унів. Москва: Вища школа, 2006. 540 с.

110. Kalugina I., Vikul S., Novik Yu. Frozen pre-cooked semi-products with iodine-containing stuffing // Харчова наука і технологія. 2017. Вип. 11 (3). DOI: 10.15673/fst.v11i3.610.

111. Бумейстер В. І. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. 147 с.

112. Magomedov G. O., Zatsepilina N. P., Lygin V. V. Actual aspects of school meals, age appropriate physiological needs // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. Вып. 3. С. 93–98. DOI: 10.20914/2310-1202-2014-3-93-98.

113. Диксон М., Узэбб Э. Ферменты. В 3 т. Т. 1-2. Москва: Мир, 1982. 808 с.

114. Kravchenko V. I., Luzanchuk I. A., Andrusyshyna I. N., Golinko O. M., Golub I. O. Violations of macro- and micronutrient support in patients with nodular thyroid pathology from regions injured after the Chernobyl accident // Міжнародний ендокринологічний журнал. 2017. Вип. 13 (6). С. 399–406. DOI: 10.22141/2224-0721.13.6.2017.112879.

115. Jekle M., Becker T. Wheat Dough Microstructure: The Relation Between Visual Structure and Mechanical Behavior // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2014. Vol. 55, Issue 3. P. 369–382. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.656476>.

116. Ersilia Alexa, Corina Danciu, Ileana Cocan, Monica Negrea, Adriana Morar, Diana Obistioiu, Diana Dogaru, Adina Berbecea, Isidora Radulov. Chemical Composition and Antimicrobial Potential of *Satureja hortensis* L. in Fresh Cow Cheese // Journal of Food Quality. 2018. DOI: 10.1155/2018/8424035.

117. Насолодин В. В., Дворкин В. А., Куркова С. Д. Биодоступность микроэлементов и их взаимодействие в процессе обмена в организме // Гигиена и санитария. 1994. № 9. С. 12–15.

118. Poljak Igor, Vahčić Nada, Gačić Milica, Idžojtić Marilena Morphological Characterization and Chemical Composition of Fruits of the

Traditional Croatian Chestnut Variety «Lovran Marron» // Food Technology and Biotechnology. 2016. Vol. 54 (2). P. 189–199.

119. Панченко Л. Ф., Маев И. В., Гуревич К. Г. Клиническая биохимия микроэлементов. Москва: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. 363 с.

120. Pogozhikh M., Golovko T., Pak A., Dyakov A. Study of regularities of distributing powdered dietetic additives in coarse dispersed foodstuffs // Харчова наука і технологія. 2017. Вип. 11 (4). DOI: 10.15673/fst.v11i4.733.

121. Волгарь М. Н., Скурихин И. М. Хімічний склад харчових продуктів. Москва: Агропромиздат, 1987. 224 с.

122. Chaplygin V. A., Ershova T. S., Zaitsev V. F. The contents of some trace elements in the aquatic organisms of the caspian sea *Ūg Rossii: Èkologiâ, Razvitie*. 2017. Вып. 12 (3). С. 138–145. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145.

123. Lund A., Shiotani M. Principles and Applications of Electron Spin Resonance. Springer Verlag, 2008. 367 p.

124. Offal Chemical Composition from Veal, Beef, and Lamb Maintained in Organic Production Systems Wioletta Biel, Ewa Czerniawska-Piãtkowska, Alicja Kowalczyk *Animals*. 2019. Vol. 9 (8). P. 489. DOI: 10.3390/ani9080489.

125. Громова О. А., Ребров В. Г. Вітаміни, макро- і мікроелементи. Москва: Геотар-Медіа, 2008. 960 с.

126. Ponomareva E. I., Lukina S. I., Kustov V. V., Gabelko E. A. The rationale of moisture on wheat, enriched flour from oat bran // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Вып. 79 (2). С. 121–125. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-2-121-125.

127. Shrimpton D.H. Nutritional implications of micronutrients interactions. // *Chemist and Druggist*.–2004.– Vol.15.– P.38–41.

128. Mahbod Sahebi, Mohamed M. Hanafi, Hasmah Mohidin, M. Y. Rafii, Parisa Azizi, Abu Seman Idris, A. Fariz, Rambod Abiri, Sima Taheri, Mehdi Moradpoor. Antioxidant Enzyme Activities and Secondary Metabolite Profiling of Oil Palm Seedlings Treated with Combination of NPK Fertilizers Infected with

Ganoderma boninense // BioMed Research International. 2018.
DOI: 10.1155/2018/1494157.

129. Нагорна Н. В., Дубова Г. В., Алферов В. В., Мещерякова Г. В., Харлап І. В. Макро- та Мікроелементи : значення для організму людини в нормі та патології // Міжнародний вісник медицини. 2008. № 3-4/12. С. 23-30

130. Golubtsova Y. V. Physical and chemical indicators and merchandising assessment of wild strawberry, gooseberry, cherry, raspberry, banana, wild rose and kiwi // Foods and Raw Materials. 2017 Vol. 5 (1). P. 154–164. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-154-164.

131. Golovko T., Pogozhikh M., Pak A., Golovko N., Pak A., Bakirov M. Investigations of the functional and technological properties of dough semi-products enriched with dietary supplements // EUREKA: Life Sciences. 2018. Issue 4. P. 27–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2504-5695.2018.00679>

132. Belous O., Ryndin A., Abilfazova Yu., Prytula Z. The regulation of the functional state of subtropical crops with micronutrients // Potravinarstvo. 2017. Vol. 11 (1). P. 175–182. DOI: 10.5219/669.

133. Блинков И. Л., Стародубцев А. К., Сулейманов С. Ш., Ших Е. В. Микроэлементы: краткая клиническая энциклопедия. Хабаровск: Издат. центр, 2004. С. 210.

134. Magomedov G. O., Malyutina T. N., Shapkarina A. I., Sirotenko N. Yu. Development of aerated confectionery products of high nutritional value using triticale flour // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. Вып. 0(1). С. 106–109. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-1-106-109.

135. Химический состав пищевых продуктов: справочник / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. Москва: Агропромиздат, 1987. 310 с.

136. Sviridova T. V., Orlovitseva O. A., Yusupova K. R. Research of organoleptic, physical-chemical and microbiological indicators of the enriched cottage cheese / Вестник Воронежского государственного университета

инженерных технологий. 2016. Вып. 10 (1). С. 186–190. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-1-186-190.

137. Витамины и минеральные вещества. Полная энциклопедия / сост. Т. П. Емельянова. СПб.: Весь, 2001. 368 с.

138. Timasheva L. A., Gorbunova E. V. A promising trend in the processing of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) whole plants Foods and Raw Materials. 2014. Vol. 2 (1). P. 51–57. DOI: 10.12737/4134.

139. Kirtil E., Oztop M. H. ¹H Nuclear Magnetic Resonance Relaxometry and Magnetic Resonance Imaging and Applications in Food Science and Processing // Food Engineering Reviews. 2015. Vol. 8, Issue 1. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9118-y>.

140. Belous O., Abilfazova Yu. Biochemical composition of tangerine fruits under microfertilizers // Potravinarstvo. 2016. Vol. 10 (1). P. 458–468. DOI: 10.5219/615.

141. Кліарфілд М., Даунс Дж. Дефіцити в харчуванні сучасної людини. // Міжнародний Медичний журнал. URL: <http://www.niid.ru/documents/ros/letters/2128>

142. Belous O., Omarov M., Omarova Z. Chemical composition of fruits of a feijoa (*F. sellowiana*) in the conditions of subtropics of russia // Potravinarstvo. 2014. Vol. 8 (1). P. 119–123. DOI: 10.5219/358.

143. Башкірова Л., Руденко А. Біологічна роль деяких есенційних макро- та мікроелементів // Ліки України. 2004. № 10. С. 59–65.

144. Gromova O. A. Formulation of vitamin complexes, supplying physiological needs in vitamins in children // Вопросы современной педиатрии. 2009. Вып. 8 (6). С. 77–84.

145. Chan S., Gerson B., Subramaniam S. The role of copper, molybdenum, selenium, and zinc in nutrition and health // Clin. Lab. Med. 1998. Vol. 18, № 4. P. 73–85.

146. Radojković Marija M., Zeković Zoran P., Dojčinović Biljana P., Stojanović Zorica S., Cvetanović Aleksandra D., Manojlović Dragan D.

Characterization of *Morus* species in respect to micro, macro, and toxic elements // *Acta Periodica Technologica*. 2014. Vol. 2014 (45). P. 229–237. DOI: 10.2298/APT1445229R.

147. Möbius K., Savitsky A. High-field EPR spectroscopy on proteins and their model systems. Royal Society of Chemistry, 2008. 392 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/9781847559272>.

148. Mamedov M. I., Pishnaya O. N., Dzhos E. A., Tucuser Y. P. The harmony of health, beauty and aromatic pungency // *Овощи России*. 2018. Вып. 1. С. 66–68. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-1-66-68.

149. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: наказ МОЗ України № 272 від 18.11.1999 р. Київ, 1999.

150. Kravchenko V., Luzanchuk I., Andrusyshyna I., Polumbrik M. Study of Macro- and Microelement Status in Patients with Nodular Goiter Residing in Kyiv Region // *Galician Medical Journal*. 2018. Vol. 25 (2). DOI: 10.21802/gmj.2018.2.2.

151. Снітинський В. Д., Салагуб Л. І., Антонюк Г. Л. Біологічна роль хрому в організмі людини і тварин // *Укр. біохим. журн.* 1999. Т. 71, № 2. С. 5–9.

152. Gavelienė V., Pakalniškytė L., Novickienė L., Balčiauskas L. Effect of biostimulants on cold resistance and productivity formation in winter rapeseed and winter wheat // *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2018. Vol. 57 (1). P. 71–83. DOI: 10.1515/ijafr-2018-0008.

153. Shrimpton D. H. Микронутриенты и их взаимодействие // *Русский мед. журнал*. 2008. № 7. С. 453–457.

154. Ludajić Gordana I., Pezo Lato L., Filipović Jelena S., Filipović Vladimir S., Kosanić Nenad Ž. Determination of essential and toxic elements in products of milling wheat // *Hemijaska Industrija*. 2016. Vol. 70 (6). P. 707–715. DOI: 10.2298/HEMIND151119008L.

155. Погожих М. І., Пак А. О., Чеканов М. А., Іштван Є. О., Павлюк І. М. Дослідження системної води харчової сировини термодинамічними та

молекулярно-кінетичними методами // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. Т. 5, № 11 (71). С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.27790>.

156. Ponomareva E. I., Lukina S. I., Skvortsova O. B. Development of a new recipe muffins increased nutritional value // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Вып. 79 (4). С. 114–118. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-4-114-118.

157. Агаджанян Н. А., Власова И. Г., Єрмакова Н. В., Торошино В. І. Основи фізіології людини: навч. посібник. Москва: Дрофа, 2003. 408 с.

158. Grzegorz Zając, Joanna Szyszlak-Bargłowicz, Wojciech Gołębiowski, Małgorzata Szczepanik. Chemical Characteristics of Biomass Ashes // Energies. 2018. Vol. 11 (11). P. 82-85. DOI: 10.3390/en11112885.

159. Скальная М. Г., Нотова С. В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. Москва: РОМЭМ, 2004. 310 с.

160. Mohammad Keshvari-Delavar, Hassan Mozaffari-Khosravi, Azadeh Nadjarzadeh, Zahra Farhadian, Salman Khazaei, Shahab Rezaeian. Comparison of Growth Parameters, Apgar score, the Blood Zinc, Magnesium, Calcium and Phosphor between Gestational Diabetic and Non-Gestational Diabetic Pregnant Women: a Prospective Cohort Study // International Journal of Pediatrics. 2016. Vol. 4 (5). P. 1767–1775.

161. Смоляр В. І., Петрашенко Г. І. Аліментарні гіпо- та гіпермікроелементози // Проблеми харчування. 2005. № 4. С. 40–42.

162. Adonaylo V. N., Oteiza P. I. Lead intoxication: antioxidant defenses and oxidative damage in rat brain // Toxicology. 1999. Vol. 135. P. 77–85.

163. Стрейн Дж. Микронутриенты: вопросы питания и хронические болезни // Вопросы питания. 2000. № 3. С. 43–45.

164. Erika Bodnárné Skobrák, Károly Bodnár, Edit Mikóné Jónás, János Gundel, András Jávor. The Comparison Analysis of the Main Chemical

Composition Parameters of Wild Boar Meat and Pork // Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. 2011. Vol. 44 (1). P. 105–112.

165. Anke M. Trace elements intake and balance of adults in Central Europe // Evian, 1999. P. 33.

166. Zvonkova N. G., Borovik T. E., Semenova N. N., Bushueva T. V., Guseva I. M., Skvortsova V. A., Stepanova T. N., Nekrasova S. V. Applicability of dry milk drinks in the nutrition of children after one year // Вопросы современной педиатрии. 2014. Вып. 13 (4). С. 96–100. DOI: 10.15690/vsp.v13i4.1093.

167. Оттавей П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база: пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2010. С. 15–21.

168. Temerdashev Z. A., Khalafyan A. A., Kaunova A. A., Abakumov A. G., Titarenko V. O., Akin'shina V. A. Using neural networks to identify the regional and varietal origin of Cabernet and Merlot dry red wines produced in Krasnodar region // Foods and Raw Materials. 2019;7(1). P. 124–130. DOI: 10.21603/2308-4057-2019-1-124-130.

169. Бабенко Г. А. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение // Микроэлементы в СССР. 1991. № 32. С. 76–81.

170. Růžičková Petra, Száková Jiřina, Havlík Jaroslav, Tlustoš Pavel. The effect of soil risk element contamination level on the element contents in *Ocimum basilicum* L. // Archives of Environmental Protection. 2015. Vol. 41 (2). P. 47–53. DOI: 10.1515/aer-2015-0018.

171. Смоляр В. И. Гипо- и гипермикроэлементозы. Киев: Здоров'я, 1989. 150 с.

172. Davidov Ivana, Cincović Marko R., Radinović Miodrag, Erdeljan Mihajlo, Belić Branislava, Toholj Bojan, Stevančević Milenko. The influence of selenium and zinc addition in food on concentration of these elements in blood and milk, on somatic cells number and histological characteristics of cows udders // Veterinarski Glasnik. 2014. Vol. 68 (3-4). P. 151–164. DOI: 10.2298/VETGL1404151D.

173. Герасимов Г. А., Свириденко Н. Ю. Йоддефицитные заболевания. Диагностика, методы, профилактика и лечение // Терапевтический архив. 1997. Т.69, № 10. С. 17–19.

174. Marioara Nicula, Iosif Gergen, Monica Harmanescu, Ionut Banatean-Dunea, Adela Marcu, Eliza Simiz, Tiberiu Polen, Mihai Lunca. Assessing the Impact of EDTA Chelating Effect on some Macro- and Microminerals in Prussian Carp (*Carassius Gibelio*) // Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. 2011. Vol. 44 (2). P. 40–44.

175. Витамины и минералы в современной клинической медицине / под ред. О. А. Громовой, Л. С. Намазовой. Москва, 2003. 56 с.

176. Dragičević Vesna, Mladenović-Drinić Snežana, Stojiljković Milovan, Filipović Milomir, Dumanović Zoran, Kovačević Dragan. Variability of factors that affect availability of iron, manganese and zinc in maize lines // Genetika. 2013. Vol. 45 (3). P. 907–920. DOI: 10.2298/GENSR1303907D.

177. Fletcher N. Food Additives: Preservatives, Encyclopedia of Food Safety // 2014. Vol. 2. P. 471–473.

178. Yulian Chen, Yan Qiao, Yu Xiao, Haochun Chen, Liang Zhao, Ming Huang, Guanghong Zhou. Differences in Physicochemical and Nutritional Properties of Breast and Thigh Meat from Crossbred Chickens, Commercial Broilers, and Spent Hens // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2016. Vol. 29 (6). P. 855–864. DOI: 10.5713/ajas.15.0840.

179. Paolino D., Cosco D. Advanced technologies in food science I – innovative techniques for food analysis, characterization and quality control // Advances in food safety and health / Paolino D., 2014. Vol. 6. P. 1–2.

180. Bebris A. R., Borisov V. A., Fillrose N. A., Maslovsky S. A., Monahos G. F. Influence of fertilizers and growth regulator on the change of biochemical properties of hybrids of onion during storage // Овощи России. 2018. Вып. 4. С. 67–70. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-67-70.

181. Власюк П. А. «Наукові дослідження та завдання з проблеми «Біологічна роль мікроелементів у житті рослин, тварин і людини» //

Мікроелементи в житті рослин, тварин і людини. Київ: Наукова думка, 1964. 324 с.

182. Eric Schmitt, Ikram Belghit, Johan Johansen, Raymond Leushuis, Erik-Jan Lock, Diede Melsen, Ram Kathirampatti Ramasamy Shanmugam, Joop Van Loon, Aman Paul. Growth and Safety Assessment of Feed Streams for Black Soldier Fly Larvae: A Case Study with Aquaculture Sludge // *Animals*. 2019. Vol. 9 (4). P. 189. DOI: 10.3390/ani9040189.

183. Тарханов И. Р. Ферменты в физиологии // *Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона*: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890–1907.

184. Mohammad Jolaini, Mohammad Karimi Majallah-i āb va Khāk. The Effect of Different Levels of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Yield and Water Use Efficiency of Potato in Subsurface Drip Irrigation. 2017. Vol. 31 (1). P. 51–60. DOI: 10.22067/jsw.v31i1.48920.

185. Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Федорова Д. В. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: монографія. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. 718 с.

186. Khvostov E. N., Prokina L. N. The effect of primary and preliminary methods of soil treatments and fertilizers on the productivity of field crop rotation link // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Вып. 67 (6). С. 115–120. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.115-120.

187. Авцин А. П., Жаворонков А. А. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. Москва: 1991. 495 с.

188. Luzanchuk I. A., Kravchenko V. I., Andrusishina I. M., Golinko O. M. Study of macro- and microelement status in autoimmune thyroiditis among residents of districts of Kyiv region affected by the Chernobyl accident // *Міжнародний ендокринологічний журнал*. 2019. Vol. 15 (4). P. 290–297. DOI: 10.22141/2224-0721.15.4.2019.174814.

189. Петровский К. С., Ванханен В. Д. Гигиена питания. Москва, 1982. 528 с.

190. Lili Liang, Cong Wang, Shaoguang Li, Xuemei Chu, Kunlai Sun. Nutritional compositions of Indian *Moringa oleifera* seed and antioxidant activity of its polypeptides // *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7 (5). P. 1754–1760. DOI: 10.1002/fsn3.1015.

191. Бакулина О. Н. Использование биологически активных веществ в пищевых технологиях: премиксы витаминов и микроэлементов // *Пищевая промышленность*. 2005. № 8. С. 90-91.

192. Şeyda Kıvrak, İbrahim Kıvrak, Erşan Karababa. Analytical evaluation of phenolic compounds and minerals of *Opuntia robusta* J.C. Wendl. and *Opuntia ficus-barbarica* // *International Journal of Food Properties*. 2018. Vol. 21 (1). P. 229–241. DOI: 10.1080/10942912.2018.1451342.

193. Матасар І. Т., Салій Н. С., Водоп'янов В. М. Захворювання, що викликані дефіцитом йоду, та методи їх профілактики. Київ: Медицина. 2002 280 с.

194. Trebichalský Pavol, Tóth Tomáš, Bajčan Daniel, Harangozo Ľuboš, Vollmannová Alena. Hormonal changes in spring barley after triazine herbicide treatment and its mixtures of regulators of polyamine biosynthesis // *Potravinárstvo*. 2017. Vol. 11 (1). P. 156–161. DOI: 10.5219/719.

195. Delange F. Iodine deficiency in Europe and its consequences: an update // *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2002. Vol. 29, № 2. P. 404–416. DOI: 10.1007/s00259-002-0812-7.

196. Prochwicz Zagórska Weronika, Fortuna Teresa, Gałkowska Dorota. Physicochemical quality of selected strawberry jams with fructose // *Potravinárstvo*. 2010. Vol. 4 (2). P. 22–24. DOI: 10.5219/46.

197. Murray T. M. Calcium nutrition and osteoporosis // *Can. Med. Assoc. J.* // 2006. Vol. 155 (7). P. 935–939.

198. Trebichalský Pavol, Tóth Tomáš, Bajčan Daniel, Vollmannová Alena, Kavalcová Petra. Herbicidal effect in relation to the accumulation of macroelements and its regulation by regulators of polyamine synthesis // *Potravinárstvo*. 2016. Vol. 10 (1). P. 114–119. DOI: 10.5219/535.

199. Карелин А. О., Ерунова Н. В. «Витамины». Москва, 2002. 224 с.
200. Sandu Ștef, Iosif Gergen, Monica Hărmănescu, Cecilia Pop, Mărioara Drugă, Gabriel Bujancă, Mirela Popa. Determination of the Macro Elements Content of Some Medicinal Herbs // Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. 2010. Vol. 43 (1). P. 122–126.
201. Тутельян В. А. К вопросу коррекции дефицита микронутриентов с целью улучшения питания и здоров'я детского и взрослого населения на пороге третьего тысячелетия // Ваше питание. 2000. № 4. С. 6–7.
202. Домарецкий В. А. Стандартизация и классификация пищевых добавок // Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья: учеб. пособие. Москва: ФОРУМ, 2007. С. 198-202.
203. Farrar T., Becker E. Pulse and Fourier transform NMR. Academic Press. 1973. P. 118.
204. Долгая М. М., Алыбина А. Ю. Пищевые добавки и их использование в производстве продуктов питания. Москва, 1987.
205. Погожих Н. И. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов: монография. Харьков: ХДУПТ, 2013. С. 89–103.
206. Бакулина О. Н. Развитие пищевых технологий: использование растительных экстрактов // Пищевая промышленность. 2007. № 5, С.32-33.
207. Maxfield B. Essential MathCAD for Engineering, Science and Math. Second Edition. Salt Lake City, UT, USA, 2009. P. 289–293.
208. Pauline T. Lieu, Maija Heiskala, Per A. Peterson, Young Yang. The Roles of Iron in Health and Disease // Molecular aspects of medicine. San Diego: The R.W. Johnson Pharmaceutical Research Institute, 2001. 289 p.
209. Геллер Б. С., Мескин И. М. О числовом выражении распределения по молекулярным весам полимеров // Высокомолекулярные соединения. 1960. Т. 2, № 1. С. 29–34.
210. Lynch S. R. Interaction of iron with other nutrients // Nutr. Rev. 1997. Vol. 55. P. 102–104.

211. Пелишенко С. С., Соломко В. П. Влияние термообработки, наполнения и пластификации на распределение сферолитов по размерам и физико-механические свойства кристаллизующихся полимеров // Высокомолекулярные соединения. 1972. Т. 3, № 14. С. 858–863.

212. Омельченко Х., Полумбрик М. Ферум у забезпеченні здорового харчування та подоланні залізодефіцитних тенденцій // Актуальні проблеми хімії та хімічної технології: Всеукраїнська наук.-практ. конф. / НУХТ. Київ. С. 321–322.

213. Zhang J., Spallholz J. E. Toxicity of Selenium compounds and nano-Selenium particles // Handbook of Systems Toxicology. 2011. № 1. P. 4245–4259.

214. Гачак Ю., Михайлицька О. Використання рослинних біодобавок при виробництві сирів голландської групи / Міністерство освіти і науки // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека / НУХТ. Київ, 2015. С. 42-45.

215. Benko I., Nagy G., Tanczos B., Ungvari E., Sztrik A., Eszenyi P., Prokisch J., Banfalvi G. Subacute toxicity of nano-Selenium compared to other Selenium species in mice // Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 31, № 12 (2012). P. 2812–2820.

216. Біологічно активна добавка: пат. 12433 Україна: МПК A23L 1/23, A23L 1/29 / Кравцов М. С., Шевченко І. О., Кравцова Л. І. -№ u 200505998; заявл. 17.06.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. № 9

217. Паньків В. І. Йододефіцитні захворювання: алгоритми діагностики, профілактики, лікування // Здоров'я України. 2007. № 5. С. 52–53.

218. Milman N. Anemia – still a major health problem in many parts of the world // Ann. Hematol. 2011. Vol. 90. P. 369–377.

219. Коцур Н. І., Міщенко О. В. Йододефіцит: сучасний стан проблеми та заходи подолання // Педагогика, психологія і медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. 2008. № 3. С. 95–99.

220. Йодсодержащая биологически активная добавка: пат на корисну модель. 2321274 Україна: МПК: A23L001/30 A23L001/304 / Бондарева І. А.,

Мамцев А. Н., Козлов В. Н., Камилов Ф. Х., Байматов В. Н. № 1347689; заявл. 18.11.1998; опубл. 20.12.1999, Бюл. №

221. Способ получения йодированной пищевой добавки: Пат. 2142723 Россия, МПК А23L1/304, А61К33/18 / Т.Ф. Чиркина, Э.Б. Битуева, В.Б. Лузан, С.А. Ланцов. — № 2142723; Заявл. 18.11.1998; Опубл. 20.12.1999.

222. Спосіб отримання БАД з селеном і дріжджами. Пат. 69128 Україна, МПК А 23 L 1/28, С 12 N 1/00, А 61 К 33/04./ О.І. Данилова, С.П. Решта. Україна. — № 201110237; Заявл. 22.08.2011; Опубл. 25.04.2012. — Бюл. № 8.

223. ТУ 9318-002-36020918-96. БАД «Неоселен». Москва: Изд-во стандартов, 1996. 33 с.

224. Біологічно активна харчовадобавка «Мінеральний комплекс з селеном «Селен Активний». Пат. 14069 Україна, МПК А 61 К 33/04. / О.В. Василенко, І.М. Шамін — № 20040503366; Заявл. 06.05.2004; Опубл. 15.05.2006. — Бюл. № 5.

225. Корзун В. Н. Пути предупреждения патологии щитовидной железы при действии радиации и эндемии // Межд. журнал радиационной медицины. 2001. № 1-2. С. 214.

226. Дієтична добавка у формі таблетки, що містить йод і селен: пат. 92103 МПК А61К 33/04 (2006.01), А61К 33/18 (2006.01), А61Р 5/14 (2006.01) / Курченко О. В., Могилевський В. М.

227. Способ получения йодированной пищевой добавки: пат. 2142723 Россия: МПК А23L1/304, А 61 К33/18 / Чиркина Т.Ф., Битуева Э.Б., Лузан В. Б., Ланцов С. А. № 2142723; заявл.18.11.1998; опубл. 20.12.1999.

228. Мікроелементний комплекс на основі нанокарбоксилатів біогенних металів для збагачення продуктів харчування щоденного вжитку, виробництва дієтичних добавок, функціональних продуктів та продуктів спеціального дієтичного призначення: пат. 43032 Україна: МПК (2009)А61К 31/295 (2009.01), А61К 33/00 А23L 1/00. / Гуліч М. П., Каплуненко В. Г., Косінов М. В.

229. Біологічно активна добавка «Відродження» з біоінформаційною сумісністю: пат. 10830 Україна, МПК А 61 К 33/04, 33/14, 33/38 / Яремчук Н. І. № 200507075; заявл. 18.07.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11.

230. Дієтична добавка з мікроелементами: пат. 56189 Україна: МПК (2011.01) А23L 1/30 А23L 1/302 А23L 1/304 А23L 1/29 В82В 3/00. / Каплуненко В. Г., Гуліч М. П., Косінов М. В.

231. Спосіб отримання БАД з селеном і дріжджами: пат. 69128 Україна: МПК А 23 L 1/28, С 12 N 1/00, А 61 К 33/04 / О. І. Данилова, С. П. Решта. № 201110237; заявл. 22.08.2011; опубл. 25.04.2012. Бюл. № 8.

232. Універсальна мікроелементна добавка на основі гідратованих і карботованих наночастинок біогенних металів: пат. 36076 Україна: МПК (2006) А23К 1/175 А61К 31/295 (1008.01) А23L 1/29 А23L 1/30 С05G 1/00. / Каплуненко В. Г., Косінов М. В.

233. Біологічно активна харчова добавка «Мінеральний комплекс з селеном «Селен Активний»»: пат. 14069 Україна, МПК А 61 К 33/04 / О. В. Василенко, І. М. Шамін. № 20040503366; заявл. 06.05.2004; опубл. 15.05.2006. Бюл. № 5.

234. Дієтична біодобавка «раполан-с»: пат. 86241 МПК А23К 1/333 (2006.01) / Музиант П. М., Надточий Т. Є. u 2013 06117; заявл. 17.05.2013; опубл. 25.12.2013.

235. Спосіб одержання йодобілкового напівфабрикату: пат. на корисну модель 74157 Україна: МПК А23J 3/00 (2006.01), А61К 33/18 (2006.01) / Черевко О. І., Головка М. П., Серік М. Л., Головка Т. М., Бакіров М. П.; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. № u2012 01493 ; заявл. 13.02.2012; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20. 4 с.

236. Дорохович А. М., Оболкіна В. І., Дорохович В. В., Гавва О.О. Продукти харчування функціонального призначення / НУХТ 2004, №2 С45-54

237. Спосіб одержання біологічно активної добавки «Неоселен»: пат. 104883 Україна: МПК А23J 1/00, А61К 31/095 / Черевко О. І., Головка М. П.,

Применко В. Г., Головка Т.М. № 2015 07794; заявл. 05.08.2015; опубл. 25.02.2016. Бюл. № 4.

238. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. Київ: Центр учбової літ-ри, 2009. 544 с

239. Головка М. П., Серік М. Л., Головка Т. М., Бакіров М. П. Наукове обґрунтування технології одержання йодобілкового напівфабрикату // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Донецьк: ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2012. Вип. 29, т. 1. С. 257–264.

240. Шендеров Б. А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Москва: Грант, 2001. 224 с.

241. Тутельян В. А. К вопросу коррекции дефицита микронутриентов с целью улучшения питания и здоровья детского и взрослого населения на пороге третьего тысячелетия // Ваше питание. 2000. № 4. С. 6–7.

242. Капрельянц Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса: Друк, 2003. 312 с.

243. Козинец Г. И. Физиологические системы организма человека, основные показатели. Москва: Триада-Х, 2000.

244. Сімахіна Г.О. Концепція оздоровчого харчування та шляхи її реалізації // Наук. пр. Нац. ун-ту харч. технологій. – 2010. – № 33. С. 10-13.

245. Diets Clinical guide to laboratory tests. 4-th ed. USA, W.B. Saunders Company, 2006.

246. <https://1plus1.ua/svit-navivorit/novyny/funkcionalne-harchuvannya-yaki-produkti-vzhivati-shchob-buti-zdorovim>

247. Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 4 ed. New Delhi, 2006.

248. Н.В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцька, В.О. Коваленко. Наукові основи технології та системного використання харчових продуктів оздоровчої дії для

різних верств населення: Монографія / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2015. – 273 с.

249. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. Москва, ИД «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с.

250. Шемета О. О., Дожук К. М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя // Ліки України. 2025. № 1 (186). С. 24-27.

251. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.

252. Пересічний М. І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення. Київ, 2008. 717 с.

253. Reynal V. Milk Calcium Meets Consumer Approval // The World of food Ingredients. 2010. June/July. P. 28–30.

254. Чернуха И. М. Функциональные продукты – методологические, технологические и трофологические аспекты производства // Мясная индустрия. 2002. № 2. С. 45-53.

255. Матасар І. Т., Салій Н. С., Водоп'янов В. М. Захворювання, що викликані дефіцитом йоду, та методи їх профілактики. Київ: Медицина, 2002. 280 с

256. Лялик А., Криськова Л., Кравчук Л. Концепція функціональних харчових продуктів / Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції „Стан і перспективи харчової науки та промисловості“, 11-12 жовтня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 114–115.

257. Shrimpton D. H. Nutritional implications of micronutrients interactions // Chemist and Druggist. 2004. 15 May. P. 38–41.

258. Особливості створення нових видів функціональних продуктів. URL: http://ebooktime.net/book_74_glava_33_3.7._ОСОБЛИВОСТИ_С.html.

259. Ребров В. Г., Громова О. А. Вітаміни, макро- і мікроелементи. Москва: ГЕОТАР-Медіа, 2008. 960 с.

260. Лисюк Г. М. та ін. Нові технології хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів спеціального призначення // Наукові праці Одеської національної академії харчових виробництв. 2009. Вип. 36, т. 1. С. 114–117.
261. Кудашева В. А., Тутельян В. А., Спірічев В. Б., Суханов Б. П. Мікронутрієни в харчуванні здорової і хворої людини. Москва: Колос, 2002. 425 с.
262. Доронин А. Ф., Шендеров Б. А. Функциональное питание. Москва: Грант, 2002. 326 с.
263. Волгарь М. Н., Скуріхін І. М. Хімічний склад харчових продуктів. Москва: Агропромиздат, 1987. 224 с.
264. Спиричев В. Б., Шетнюк Л. Н., Позняковский В. М. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные подходы и практические решения // Пищ. пром-сть. 2002. № 3. С. 10–16.
265. Шендеров Б. А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. Москва: ДеЛи Принт, 2008. 318 с.
266. Функціональні продукти харчування. URL: <http://endocrinology.mif-ua.com/archive/issue-9480/article-9514/print.html>.
267. Ekhard E., Ziegler L., Filer I. Present Knowledge in nutrition. Washington: ILSI Press, 1996. 684 p.
268. Симахина Г. А. Социальные и экономические предпосылки создания в Украине индустрии здорового питания // Продукты и ингредиенты. 2008. № 3. С. 32–36.
269. Maxfield B. Essential MathCAD for Engineering, Science and Math. 2th ed. Cambridge, Massachusetts, 2009. P. 289–293.
270. Амброзевич Е. Г. Особенности европейского и восточного подходов к ингредиентам для продуктов здорового питания // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2005. № 1. С. 30–31.
271. Farrar T., Becker E. Pulse and Fourier transform NMR. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, 1973. 118 p.

272. Гулий І. С., Сімахіна Г. О., Українець А. І. Основи валеології. Валеологічні аспекти харчування: підручник. Київ: НУХТ, 2003. 325 с.

273. Погожих Н. И. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов: монография. Харків: ХГУПТ, 2013. С. 89–103.

274. Спосіб виготовлення фруктових кисломолочних напоїв «Спірулекс». пат.

275. Погожих М. І., Ромоданов І. С., Пак А. О. Дослідження стану води в області гігроскопічного вологовмісту харчової сировини методом ЕПР-спінових міток. Харків: ХДУХТ, 2007. С. 480–486.

276. Молоко «Вітамінне», пат. на корисну модель 16843, Україна: МПК А23С 9/152 (2006.) / Ракша-Слюсарєва Е. А., Кустов Д. Ю., Кобылянский Г. С., Слюсарєв. А., Русаленко Л.В., Саркісян Л. Г., Кустовая О.К. № u200603411; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

277. Погожих М. І., Пак А. О., Пак А. В., Жеребкін М. В. Дослідження системної вологи крохмалю зернових культур методом ЕПР // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. № 5/6 (59). С. 62–66.

278. Сафонова О. М., Холодова О. А. Використання зародків пшениці в технології хлібобулочних виробів оздоровчого призначення з борошна пшеничного озонованого // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2011. Вип. 40 (1). С. 127–130. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2011_40\(1\)_36](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2011_40(1)_36).

279. Bender C. J., Berliner L. J. Computational and Instrumental Methods in EPR, in Biological Magnetic Resonance // Springer Verlag. 2006. P. 387.

280. Moebius K., Savitsky A. High-field EPR spectroscopy on proteins and their model systems. Cambridge: RSC Publishing, 2009. 350 p.

281. Композиція екструдованого сухого сніданку «Успіх», пат. на корисну модель 49693, Україна: МПК А23L1/18 (2009) / Мардар М.Р., Валєвська Л. О. № u200911104; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9.

282. Lund A., Shiotani M. Principles and Applications of Electron Spin Resonance // Springer Verlag. 2008. 367 p.

283. Погожих М. І., Головко Т. М. Наукове обґрунтування аліментарного забезпечення гомеостазу та мінерального обміну організму людини // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2017. № 1 (25). С. 35–50.

284. Головко М. П., Серік М. Л., Головко Т. М., Бакіров М. П. Актуальність використання йодобілкових комплексів у технології соусів емульсійного типу // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2011. Вип. 1 (13). С. 47–53.

285. Головко М. П., Серік М. Л., Головко Т. М., Бакіров М. П. Наукове обґрунтування технології одержання йодобілкового напівфабрикату // Обладнання та технології харчових виробництв: тематичний зб. наук. пр. / Донец. нац. ун-т економіки та торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Донецьк, 2012. Вип. 29. С. 257–264.

286. Головко М. П., Головко Т. М., Применко В. Г. Наукові та практичні аспекти вирішення проблеми селенодефіциту в Україні // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2013. Вип. 2 (16). С. 20–25.

287. Головко М. П., Головко Т. М., Применко В. Г. Визначення параметрів гострої токсичності біологічно активної добавки «Сивоселен Плюс» // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2015. Вип. 1 (21). С. 54–60.

288. Погожих М. І., Головко Т. М., Дьяков О. Г., Павлюк І. М. Дослідження властивостей білково-мінеральних добавок профілактичного призначення // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2016. № 1/1 (27). С. 65–72.

289. Погожих М. І., Головка Т. М., Полупан В. В., Бакіров М. П., Пархоменко Л. О. Обґрунтування технології виробництва J-Se функціональної добавки у вигляді порошку // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2016. № 6. Т. 22. С. 179–188.

290. Головка М. П., Головка Т. М., Применко В. Г. Аналіз технологічного процесу одержання добавок дієтичних селен-білкових // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Технічні науки, 2018. Вип. 1 (85). С. 45–55.

291. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Перспективи використання прісноводних двостулкових молюсків роду Anodonta в ресторанному господарстві // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2013. Вип. 1 (17). Ч. 2. С. 150–157.

292. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Дослідження якісного складу мінеральних речовин м'якого тіла прісноводних двостулкових молюсків роду Anodonta та їх морських аналогів – молюсків роду Mytilus // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2015. Вип. 2 (22). С. 270–278.

293. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Дослідження жирнокислотного та мінерального складу м'якого тіла двостулкових прісноводних молюсків роду Anodonta Півночі України // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2016. № 3/3 (29). С. 17–23.

294. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Дослідження змін м'якого тіла молюска прісноводного під впливом термічної обробки в технології напівфабрикату варено-замороженого // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2017. № 2/3 (34). С. 36–41.

295. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Дослідження акумуляції важких металів в м'якому тілі прісноводних молюсків роду Anodonta

напівфабрикату з молюсків прісноводних // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2018. Т. 24, № 5 (1). С. 32–38.

296. Pogozhikh N., Golovko T., Pak A., Dyakov A. Study of regularities of distributing powdered dietetic additives in coarse dispersed foodstuffs // Food Science and Technology. 2017. Vol. 11. Iss. 4. P. 72–80.

297. Golovko T., Pogozhikh M., Pak A., Golovko N., Bakirov M. Investigations of the functional and technological properties of dough semiproducts enriched with dietary supplements // EUREKA: LifeSciences. Tallinn, 2018. № 4. P. 27–34.

298. Golovko T., Pogozhikh M., Pak A., Golovko N., Pak A., Bakirov M. Study of microelement distribution uniformity in a bulk of dough enriched with dietary supplements // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 4/11 (94). P. 42–48.

299. Погожих М. І., Головко Т. М., Дьяков О. Г. Розробка технології збагачення соусів емульсійного типу дієтичними добавками // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Технічні науки, 2017. № 1 (83). С. 37–45.

300. Головко М. П., Серік М. Л., Головко Т. М., Бакіров М. П. Дослідження впливу напівфабрикату йодобілкового на емульсійну стійкість майонезу // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2012. Вип. 1 (15). С. 160–164.

301. Головко М. П., Серік М. Л., Головко Т. М., Бакіров М. П. Технологія соусів емульсійного типу із використанням йодованої харчової добавки // Наукові праці / Одеська нац. академія харч. технол. Одеса, 2013. Вип. 44. Т. 2. С. 133–138.

302. Головко Н. П., Серик М. Л., Головко Т. М., Бакиров М. П. Исследование технологических и потребительских характеристик эмульсионных соусов, обогащенных йодом // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 6/11 (66). С. 20–23.

303. Bakirov M., Golovko M., Serik M., Golovko T. Content iodine in sauces of type emulsion // Ukrainian Food Journal. 2014. № 4. P. 244–249.

304. Головка М. П., Головка Т. М., Применко В. Г. Дослідження конкурентопридатності соусів емульсійного типу, збагачених на селен // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2015. № 5/11 (77). С. 42–48.

305. Головка Т. М., Пак А. О., Применко В. Г., Жеребкін М. В., Головка М. П. Дослідження рівномірності розподілу мікроелементів в об'ємі соусів емульсійного типу, збагачених дієтичними добавками // Science Rise. 2018. № 6 (47). С. 19–23.

306. Головка М. П., Головка Т. М., Применко В. Г. // Медико-біологічні дослідження добавки дієтичної селен-білкової та соусу з її використанням // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2018. Вип. 2 (28). С. 45–55.

307. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Дослідження структурних і біохімічних змін при заморожуванні та зберіганні напівфабрикату з молюсків прісноводних // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. № 5. Т. 23. С. 139–145.

308. Головка М. П., Головка Т. М., Жеребкін М. В., Геліх А. О. Оптимізація рецептурного складу фаршевих виробів на основі молюсків роду Anodonta по критерію харчової збалансованості за основними поживними речовинами // Харчова наука та технології. 2018. Вип. 4. Т. 12. С. 86–94.

309. Головка М. П., Головка Т. М., Геліх А. О. Медико-біологічні дослідження напівфабрикату варено-замороженого з молюска прісноводного // Науковий вісник Полтавського університету економіки та торгівлі. Технічні науки. 2018. Вип. 1 (85). С. 32–38.

310. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учеб. пособие. 5-е изд., стер. Москва: КНОРУС, 2013. 192 с.

311. Dietary Supplements Market Size Analysis Report by Ingredient (Botanicals, Vitamins), By Form, By Application (Immunity, Cardiac Health), By End User, By Distribution Channel, And Segment Forecasts, 2019 – 2025. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/dietary-supplements-market>

312. Сімахіна Г., Н. Науменко Інновації у харчових технологіях // Товари і ринки. 2015. № 1. С. 189–201.

313. Офіційний сайт групи компаній «Верес». URL: <https://www.veresfood.com/ru/category/girchycya>

314. Product description will go here in the header. URL: <https://www.nielsen.com/ua/uk/insights/webinar/2017/webinar-health-revolution/>

Наукове видання

ГОЛОВКО Тетяна Миколаївна
ПОГОЖИХ Микола Іванович
ГОЛОВКО Микола Павлович
ПРИМЕНКО Владислав Геннадійович
ГЕЛІХ Анна Олександрівна

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЙ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ,
ЗБАГАЧЕНИХ НА ЕСSENЦІАЛЬНІ МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ

Монографія

В авторській редакції

План 2023 р., поз. /

Підп. до друку . .2023 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсет.

Ум. друк. арк. 18,5. Тираж 300 прим.