

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових наук, нутриціології та управління якістю

ПОГОДЖЕНО

В.о. декана факультету харчових
наук, нутриціології та управління
якістю

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО
« ____ » _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри технології
м'ясних, рибних та морепродуктів

_____ Олександр САВЧЕНКО
« ____ » _____ 2026 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Удосконалення технології в'ялено-сушеної риби»

Спеціальність 181 **«Харчові технології»**

Освітньо-наукової програми **«Нутриціологія»**

Програма підготовки **освітньо-наукова**

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

_____ Люлмила ТИЩЕНКО

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент

_____ Аліна МЕНЧИНСЬКА

Виконав

_____ Владислав СКОРИЧ

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет харчових наук, нутриціології та управління якістю

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів,
_____ **Олександр САВЧЕНКО**

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
Скоричу Владиславу Олеговичу

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Нутриціологія»

Програма підготовки – Освітньо-професійна

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технології
рибного пюре» затверджена наказом ректора від № 2093 «С» від 25.11.2024 р.

2. Термін здачі студентом завершеної роботи на кафедру – 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи: 1) Положення про підготовку магістрів у НУБіП України; 2) Положення про підготовку і захист магістерської роботи 3) Міжнародні та національні стандарти; 3) Словникові та довідникові джерела; 4) Навчальна та наукова література; 5) Фахові періодичні видання; 6) Матеріали державної статистики; 7) Нормативні документи; 8) Електронні ресурси.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз наукових джерел, сучасних технологій та інноваційних рішень щодо раціонального харчування;
2. Дослідити вплив функціональних інгредієнтів на якість та безпечність готового продукту;
3. Виконання вимог щодо удосконалення технології в'ялено-сушеної риби.

Дата видачі завдання «03» лютого 2025 р.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

_____ **Аліна
МЕНЧИНСЬКА**

Завдання прийняв до виконання

_____ **Владислав СКОРИЧ**

РЕФЕРАТ

Повний обсяг магістерської кваліфікаційної роботи становить 80 сторінок, робота містить таблиці, рисунки, складається із вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

Актуальність

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості спрямовані на створення функціональних продуктів харчування, які поєднують високу харчову цінність, безпечність та зручність споживання. Особливу увагу приділяють рибним продуктам, що є джерелом повноцінного білка, незамінних амінокислот та мінеральних речовин. Перспективним напрямом є виробництво в'ялено-сушених рибних снєків, однак традиційні технології не завжди забезпечують достатній рівень нутритивної цінності та окиснювальної стабільності. У зв'язку з цим актуальним є удосконалення технології виробництва снєків із тилапії шляхом використання рослинних компонентів та природних антиоксидантів для підвищення харчової, біологічної цінності та якості готового продукту.

Метою роботи є удосконалення технології виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії шляхом використання порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну для підвищення харчової, біологічної цінності, якості та безпечності готового продукту.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- проаналізувати наукові джерела щодо сучасного стану технологій виробництва в'ялено-сушених рибних продуктів;
- дослідити особливості використання тилапії як сировини для виробництва рибних снєків;
- обґрунтувати доцільність використання порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну в технології в'ялено-сушених рибних снєків;
- розробити удосконалену технологічну схему виробництва продукту;

- дослідити вплив технологічних параметрів на процеси в'ялення та сушіння;

- оцінити органолептичні показники розроблених зразків;
- визначити фізико-хімічні показники готової продукції;
- дослідити харчову та біологічну цінність удосконалених снєків;
- встановити оптимальну рецептуру продукту.

Об'єктом дослідження є технологія виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії.

Предметом дослідження є в'ялено-сушені снєки з тилапії, збагачені порошком гарбуза, порошком буряка, екстрактом розмарину та куркуміном, а також показники їх якості, безпечності, харчової та біологічної цінності.

Методи дослідження

Для досягнення поставленої мети використовували комплекс теоретичних, органолептичних, фізико-хімічних, біохімічних та статистичних методів дослідження. Органолептичну оцінку проводили методом дегустаційного аналізу. Фізико-хімічні показники визначали відповідно до загальноприйнятих методик: масову частку білка – методом К'ельдаля, жиру – методом Сокслета, вологи – висушуванням до сталої маси, золи – озоленням у муфельній печі. Антиоксидантну активність визначали методом DPPH. Отримані результати обробляли методами математичної статистики.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні технології виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії шляхом використання порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну. Обґрунтовано оптимальне співвідношення функціональних компонентів у рецептурі, досліджено їх вплив на органолептичні показники, фізико-хімічні властивості, харчову та біологічну цінність продукту, а також на його окиснювальну стабільність.

Практичне значення роботи полягає у розробленні технології виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії підвищеної харчової та біологічної цінності. Запропонована рецептура забезпечує високий вміст білка,

підвищений рівень харчових волокон та антиоксидантну активність продукту, що дозволяє розглядати його як перспективний функціональний харчовий продукт для широкого кола споживачів.

У першому розділі проведено аналіз наукової літератури щодо харчової та біологічної цінності рибної сировини, сучасних технологій виробництва в'ялено-сушених рибних продуктів, чинників, що впливають на їх якість і безпечність. Розглянуто перспективи використання рослинних компонентів та природних антиоксидантів для підвищення нутритивної цінності рибних продуктів.

У другому розділі наведено характеристику об'єктів дослідження та вихідної сировини. Описано організацію експериментальних досліджень, розроблено схему проведення експерименту та сформовано дослідні рецептури в'ялено-сушених снєків із тилапії. Подано методики визначення органолептичних, фізико-хімічних показників, а також методи оцінювання харчової, енергетичної та біологічної цінності готової продукції.

У третьому розділі розроблено удосконалену технологічну схему виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії з використанням порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну. Встановлено оптимальні режими в'ялення та сушіння продукту. Проведено оцінювання органолептичних, фізико-хімічних показників, досліджено харчову та біологічну цінність розроблених зразків. Визначено, що найкращими показниками характеризувався зразок із вмістом порошку гарбуза 3 %, порошку буряка 2 %, екстракту розмарину 0,1 % та куркуміну 0,1 %, який мав найвищу органолептичну оцінку (4,88 бала), високий вміст білка (53,5 %), підвищений рівень харчових волокон (3,2 г/100 г) та антиоксидантну активність (58,7 %).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТИЛАПІЯ, В'ЯЛЕНО-СУШЕНІ СНЕКИ, РИБНІ ПРОДУКТИ, ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ, БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ, ПОРОШОК ГАРБУЗА, ПОРОШОК БУРЯКА, ЕКСТРАКТ РОЗМАРИНУ, КУРКУМІН, АНТИОКСИДАНТИ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ, НУТРИЦІОЛОГІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ В'ЯЛЕНО-СУШЕНОЇ РИБИ.....	9
1.1. Характеристика рибної сировини як джерела повноцінних нутрієнтів.....	9
1.2. Традиційні та сучасні технології виробництва в'ялено-сушеної риби.....	15
1.3. Чинники, що впливають на якість і безпечність в'ялено-сушеної риби...	19
1.4. Аналіз наукових досліджень щодо підвищення нутритивної цінності рибних продуктів.....	23
Висновки до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
2.1. Організація та схема проведення досліджень.....	31
2.2. Характеристика об'єктів дослідження та вихідної сировини.....	34
2.3. Методи визначення органолептичних показників.....	39
2.4. Методи визначення фізико-хімічних показників.....	42
2.5. Методи оцінювання харчової та енергетичної цінності.....	44
Висновки до розділу 2.....	48
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ В'ЯЛЕНО-СУШЕНОЇ РИБИ.....	49
3.1. Розроблення технологічної схеми виробництва удосконаленого продукту.....	49
На рис. 3.1 наведено схему виробництва удосконаленого продукту.....	52
3.2. Дослідження впливу технологічних параметрів на процес в'ялення та сушіння.....	55
3.3. Оцінка органолептичних показників готового продукту.....	59
3.4. Дослідження фізико-хімічних показників в'ялено-сушеної риби.....	61
3.5. Аналіз харчової та біологічної цінності удосконаленого продукту.....	64
Висновки до розділу 3.....	67
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливої актуальності набуває створення продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності, здатних задовольняти потреби споживачів у повноцінному та збалансованому харчуванні. Одним із перспективних напрямів є розроблення функціональних харчових продуктів на основі рибної сировини, що характеризується високим вмістом повноцінного білка, незамінних амінокислот, мінеральних речовин та інших біологічно активних компонентів.

Серед різноманітних рибних продуктів значний інтерес становлять в'ялено-сушені снеки, які поєднують високу харчову цінність, зручність споживання та тривалий термін зберігання. Водночас традиційні технології виробництва таких продуктів не завжди забезпечують достатній рівень нутритивної цінності та окиснювальної стабільності. Особливої уваги потребує проблема збереження якості ліпідів під час сушіння та зберігання, оскільки рибна сировина містить значну кількість ненасичених жирних кислот, схильних до окиснення.

Перспективним шляхом вирішення зазначених проблем є використання рослинної сировини та природних антиоксидантів. Порошок гарбуза та порошок буряка можуть виступати джерелом харчових волокон, мінеральних речовин, каротиноїдів, поліфенольних сполук та інших біологічно активних компонентів. Екстракт розмарину та куркумін характеризуються вираженими антиоксидантними властивостями, що сприяють уповільненню процесів окиснення ліпідів та підвищенню стабільності якості готової продукції.

У зв'язку з цим удосконалення технології в'ялено-сушених рибних снеків шляхом використання функціональних рослинних компонентів та природних антиоксидантів є актуальним науковим і практичним завданням для сучасної нутриціології та харчових технологій.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ В'ЯЛЕНО-СУШЕНОЇ РИБИ

1.1 Характеристика рибної сировини як джерела повноцінних нутрієнтів

У контексті сучасної нутриціології рибна сировина розглядається як один із найбільш цінних та збалансованих харчових продуктів детермінованого хімічного складу. Завдяки унікальному комплексу макро- та мікронутрієнтів, риба та морепродукти посідають ключове місце у профілактиці аліментарно-залежних захворювань. Технологічна користь риби як сировини для виробництва в'ялено-сушеної продукції безпосередньо залежить від її хімічного складу, де кожна група нутрієнтів відіграє подвійну роль: біологічну (цінність для організму споживача) та техногенну (вплив на формування текстури, смаку та аромату готового продукту).

Рибна сировина є джерелом повноцінних білків, ліпідів, поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), мікро- та макроелементів. Білки риби характеризуються високою біологічною цінністю, оскільки містять збалансований склад незамінних амінокислот, таких як цистеїн, метіонін та лізин, які часто відсутні в рослинних білках (George & Ravishankar, 2022; Fitri, et al., 2022). Засвоюваність рибних білків людським організмом становить 92–98%, а коефіцієнт їх ефективності є досить високим (наприклад, для путасу він становить 1,88–1,90) (Starostenko, et al., 2020). У висушеній на сонці рибній сировині вміст білка може варіюватися від 49% до майже 63% залежно від виду (Fitri, et al., 2022).

Білкова фракція м'язової тканини риб представлена трьома основними групами:

- Саркоплазматичні білки (20–30%): переважно альбуміни та глобуліни, що мають високу гідрофільність;
- Міофібрилярні білки (60–70%): міозин, актин та актоміозиновий комплекс, які відповідають за вологоутримуючу здатність (ВУЗ) сировини та формування структури під час сушіння;

•Стромальні білки (2–5%): колаген та еластин. Низький вміст сполучної тканини (у 3–5 разів менше, ніж у м'ясі наземних тварин) та відсутність грубих пучків еластину зумовлюють високу ніжність рибної сировини та її швидку перетравлюваність у шлунково-кишковому тракті людини (коефіцієнт засвоюваності становить 93–98%).

З нутриціологічної точки зору білки риби є генетично повноцінними, оскільки містять усі незамінні амінокислоти (НАК) в оптимальних для організму людини співвідношеннях. Особливу цінність становить високий вміст лізину, лейцину, треоніну та метіоніну, що дозволяє використовувати рибні продукти для корекції амінокислотного скору раціонів із переважанням рослинних компонентів.

Важливо для технології в'ялення: під час зневоднення риби відбувається часткова денатурація та протеоліз білків під дією ендогенних ферментів, що призводить до накопичення вільних амінокислот та глутамату, які беруть участь у формуванні специфічного «дозрілого» смаку (уамі) в'яленої продукції.

Ліпідний склад риби включає критично важливі для здоров'я омега-3 ПНЖК, зокрема ейкозапентаєнову (ЕРА) та докозагексаєнову (ДНА) кислоти. Ці нутрієнти сприяють розвитку мозку та сітківки ока, зміцнюють імунну систему та допомагають у профілактиці серцево-судинних захворювань (George & Ravishankar, 2022; Palamarchuk, 2025; Brennan, 2011). Крім того, у рибних ліпідах містяться кон'юговані жирні кислоти (CFA), які мають протиракові властивості, допомагають зменшити жирову масу та зміцнюють кістки й м'язи (Palamarchuk, 2025; Wang J. H., 2020). Ліпіди риб (вміст варіює від 0,5% у пісних видів, як-от тріска чи судак, до понад 20% у жирних – оселедець, скумбрія) (табл. 1.1) є унікальним нутрицевтичним компонентом. На відміну від жирів ссавців, рибний жир залишається рідким за низьких температур завдяки високій концентрації поліненасичених жирних кислот (ПНЖК).

Особливе значення в нутриціології мають довголанцюгові ПНЖК родини омега-3 – ейкозапентаєнова та докозагексаєнова кислоти. Ці кислоти є

есенціальними (незамінними) для людини, мають виражену кардіопротекторну, протизапальну та нейропротекторну дію.

Таблиця 1.1

Поділ риби за вмістом жиру

Група риб за жирністю	Вміст жиру, %	Приклади видів	Технологічні особливості під час в'ялення
Пісні	< 2,0	Тріска, минтай, судак, щука	Швидко висихають, мають тривалий термін зберігання, але текстура може бути жорсткою.
Помірно жирні	2,0 – 8,0	Лящ, короп, тарань, вобла	Ідеальна сировина для класичного в'ялення; збалансований смак та консистенція.
Жирні / Дуже жирні	> 8,0 / > 20,0	Скумбрія, оселедець, лосось	Висока нутритивна цінність, але існує великий ризик швидкого окиснення ліпідів (прогіркання).

З погляду технології в'ялено-сушеної риби, високий вміст ПНЖК є критичною точкою, оскільки наявність великої кількості подвійних зв'язків робить ліпіди чутливими до кисню повітря, світла та підвищених температур, викликаючи процеси автоокиснення. Тому вдосконалення технології має бути спрямоване на збереження цього жирнокислотного профілю від руйнування.

Рибна сировина є надійним джерелом біодоступних мікронутрієнтів, концентрація яких у процесі в'ялення та сушіння (внаслідок видалення вологи) значно зростає в перерахунку на одиницю маси готового продукту.

Жиророзчинні вітаміни – риба (особливо печінка та підшкірний жир жирних видів) є основним природним джерелом вітаміну D (холекальциферолу), необхідного для фосфорно-кальцієвого обміну, та вітаміну A (ретинолу).

Водорозчинні вітаміни – переважно представлена група B (B1, B2, B6, B12 та ніацин), які регулюють клітинний метаболізм і є відносно стійкими до помірних температурних режимів сушіння.

Макроелементи – риба багата на фосфор, калій, кальцій та магній. У випадках, коли дрібна риба в'ялиться разом із кістковим апаратом (наприклад,

верховодка, клейка, кільки), вона стає унікальним джерелом високобіодоступного кальцію.

Мікроелементи – морська рибна сировина є безальтернативним джерелом органічного йоду та селену – потужних антиоксидантів, що забезпечують функціонування щитоподібної залози. Також присутні залізо, цинк та мідь у легкозасвоюваній формі.

Екстрактивні речовини риби (азотисті та безазотисті) становлять від 1,5 до 3,5% маси м'язової тканини. До них належать креатин, карнозин, ансерин, вільні амінокислоти (таурин, гліцин, аланін) та пуринові основи. Таурин відіграє важливу нутриціологічну роль як осморегулятор, антиоксидант та кардіотонік. У процесі сушіння риби саме екстрактивні речовини піддаються реакції Майяра (взаємодія аміногруп із редукуючими цукрозами), що забезпечує специфічний бурштиновий колір, специфічний аромат та привабливий смак продукту.

Вторинна рибна сировина (шкіра, голови, плавці) також має високу нутрієнтну цінність (Nawaz, et al., 2021). Відходи рибопереробної промисловості, представлені переважно колагеновмісною сировиною, є джерелом цінних білків (Li, Zhu, & Jin, 2005). Наприклад, білкові добавки на основі шкіри лосося мають високу вологозв'язувальну та емульгувальну здатність, а за органолептичними показниками подібні до рибного фаршу. Використання цілого рибного порошку дозволяє збагатити харчові продукти не лише протеїном, а й незамінними мінералами, що містяться в кістках (Nawaz, et al., 2021; Nawaz, et al., 2019).

Характеристики окремих видів риби як джерел нутрієнтів.

Путасу вирізняється високим вмістом білка (до 18,5%) та низькою жирністю (до 1,5%), що полегшує процес її сушіння (Starostenko, et al., 2020).

Змієголов містить близько 23% білка, багатий на лізин та глутамінову кислоту, а його жир містить DHA, що сприяє загоєнню ран та зменшенню болю (Yusuf, Nur Fitriani, & Syahriati., 2021).

Минтай, тріска та макрурус є джерелами повноцінного білка (15–17%) при дуже низькому вмісті жиру (0,6–1,0%) (Zarubin, Strokov, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

Нілотська телapia (*Oreochromis niloticus*) та інші представники цієї родини (наприклад, *Sarotherodon galilaeus*) є одними з найважливіших об'єктів світового рибництва завдяки високому попиту та значному вмісту повноцінних нутрієнтів (Godoy, та ін., 2010; Lima, Mujica, & Lima, 2012).

Поживна та біологічна цінність

- Білки. Телapia є джерелом високоякісного білка з добре збалансованим складом амінокислот, зокрема таких незамінних, як цистеїн, метіонін, гістидин, лізин, треонін, валін та лейцин. Вона може використовуватися для корекції раціонів, де бракує тваринного білка (Monteiro, et al., 2016).
- Жирні кислоти. Хоча прісноводна риба зазвичай містить менше омега-3, ніж морська, телapia забезпечує організм важливими поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК), включаючи ейкозапентаєнову (EPA) та докозагексаєнову (DHA) кислоти. Також у її складі знайдено альфа-ліноленову та гамма-ліноленову кислоти (Tejano, Peralta, Yap, Panjaitan, & Chang, 2019).
- Мінерали та вітаміни. М'ясо телapiи багате на селен, фосфор, калій, а також вітаміни групи B, зокрема B12, B6, ніацин (PP) та пантотенову кислоту (Fawole, Ogundiran, Ayandiran, & Olagunju, 2000). За вмістом вітамінів PP та B6 водні організми часто перевершують м'ясні продукти (Peogben, Oginni, & Akinrolabu, 2018).

Функціональні та лікувальні властивості

Використання гідролізатів із сировини телapiи (отриманих за допомогою ферменту бромелаїну) дозволяє створювати продукти з особливими властивостями:

- Антигіпертензивна дія. Пептиди телapiи мають здатність інгібувати АПФ (ангіотензинперетворювальний фермент), що сприяє зниженню кров'яного тиску (Huang, Lin, & Chang, 2015; Lin, Alashi, Aluko, Sun Pan, & Chang, 2017).
- Антиоксидантна та антибактеріальна активність. Продукти з телapiи демонструють здатність поглинати вільні радикали та виявляють активність

проти таких бактерій, як *Staphylococcus aureus* (Huang, Lin, & Chang, 2015; Lin, Alashi, Aluko, Sun Pan, & Chang, 2017)..

- Загоєння ран. Певні види телапії здавна використовуються для зменшення болю та прискорення регенерації тканин (Yusuf, Nur Fitriani, & Syahriati., 2021).

Харчові технології та використання вторинної сировини

Оскільки при філетуванні телапії вихід чистого м'яса становить лише близько 30–35%, велика увага приділяється переробці відходів (голів, скелетів, шкіри):

- Збагачення продуктів. Борошно або порошок із залишків телапії використовують для підвищення біологічної цінності хліба, пасти (макаронних виробів), супів та снекових батончиків (Li, et al., 2019; George & Ravishankar, 2022).
- Снеки. Додавання до 12% борошна з телапії до кукурудзяних снєків значно підвищує рівень білка та мінералів, не погіршуючи їхні органолептичні властивості (смак і текстуру) (Ganesan, Rathnakumar, Nicy, & Vijayarahavan, 2017; Jeyakumari, Rahul Das, Bindu, Joshy, & Zynudheen, 2016).
- Рибні чіпси. Використання відновленого фаршу з відходів філетування дає змогу створювати поживні чіпси, які стабільно зберігаються за кімнатної температури (Hossain, et al., 2024; Zulaikha, Yao, & Chang, 2021).

Отже, телapia є доступним та багатофункціональним джерелом нутрієнтів, що дає змогу створювати широкий спектр оздоровчих та повноцінних харчових продуктів.

1.2. Традиційні та сучасні технології виробництва в'ялено-сушеної риби

Аналіз джерел дає змогу виділити два основні підходи до виробництва в'ялено-сушеної риби: традиційні методи, засновані на природних процесах, та сучасні технології, що використовують складне обладнання для інтенсифікації процесу та створення нових форм продуктів.

Традиційні технології

Традиційні методи в'ялення та сушіння риби історично склалися як спосіб консервації продукції в умовах обмежених ресурсів.

Природне повітряне та сонячне сушіння. Це найстаріші методи, популярні в Норвегії (стокфіш – сушена тріска без солі), Китаї, Бангладеш та Індії (Bantle & Hanssler, 2013; Freire & da Rocha, 2016). Рибу очищують, знекровлюють і вивішують на відкритому повітрі на кілька місяців (у Норвегії за температури 0–2 °C) або викладають на сонці. Головним недоліком є незахищеність від комах, пилу та погодних умов, що створює ризики бактеріального забруднення (Paul, Reza, Islam, & Kamal, 2018; Komolafe, Oluwaleye, Adejumo, & Oladapo, 2019).

Засолювання. Є критичним етапом для більшості традиційних методів (наприклад, кліпфіш) (Brás & Costa, 2010). Сіль витягує вологу, знижуючи показник активності води, що гальмує ріст мікроорганізмів. Використовують сухе засолювання, тузлучне або змішане засолювання (Farid, Latifa, Chakraborty, Nahid, & Begum, 2016; Nuwanthi, Madage, Hewajulige, & Wijesekera, 2016).

Традиційне копчення. Поєднує сушіння з дією антисептичних сполук диму (фенолів, формальдегіду). У Японії так виготовляють «арабуші» (напівфабрикат для кацуобуші) через багатостадійне копчення за температур 40–90 °C (Oku & Amakoromo, 2013; Doe, Dali, & Harmain, 2020).

Удосконалені та перехідні методи

Для подолання недоліків відкритого сушіння використовуються технології, що використовують сонячну енергію в закритих системах.

Сонячні тунельні сушарки. Забезпечують вищі температури та гігієнічність, захищаючи рибу від зовнішніх забруднювачів і скорочуючи час сушіння (наприклад, з 3 до 2 днів) (Fasludeen, Murali, Samuel, Ninan, & Joshy, 2017; Immaculate, Sinduja, & Jamila, 2012).

Сучасні високотехнологічні методи

Сучасна промисловість фокусується на енергоефективності, збереженні нутрієнтів та створенні зручних форматів (снеків).

Сублімаційне (ліофільне) сушіння. Вважається одним з найкращих методів для збереження біологічної цінності. Процес відбувається за від'ємних температур (наприклад, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) та низькому тиску (0,25 атм), що дозволяє видаляти вологу шляхом сублімації льоду (Starostenko, et al., 2020; Zarubin, Strokov, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020). Це дає змогу отримати пористу структуру, яка легко відновлюється і зберігає початковий колір та смак.

Екструзійна технологія. Метод високотемпературної короткочасної обробки (HTST), де суміш рибного порошку/фаршу з крохмалевмісною сировиною під тиском формується у снеки. Це дає змогу створювати продукти з поліпшеною засвоюваністю та тривалим терміном зберігання (George & Ravishankar, 2022).

Конвективне та ІЧ-сушіння. Використання керованих сушильних агентів (повітря з температурою $50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ або інфрачервоне випромінювання) дає змогу точно контролювати кінцеву вологість (зазвичай $5\text{--}12\%$ для снеків). Збільшення концентрації білкових добавок у фарші дає змогу скоротити час сушіння (Starostenko, et al., 2020; Palamarchuk, 2025).

Вакуумне сушіння (включаючи мікрохвильове). Дозволяє видаляти вологу значно швидше за звичайне сушіння (наприклад, за 1,2 години проти 12 годин гарячим повітрям) (Kim, Oh, Lee, Yoon, & Lee, 2020). Низькотемпературне вакуумне сушіння сприяє кращому збереженню білків порівняно з конвективним (Fitri, et al., 2022; Carneiro, та ін., 2016).

Інновації в інгредієнтному складі

Сучасні технології в'яленої продукції часто передбачають використання структурувачів та функціональних добавок:

Гідроколоїди. Додавання альгінату натрію ($0,5\text{--}1,35\%$) дозволяє формувати стабільну структуру фаршевих систем, покращувати органолептику та регулювати вміст гістаміну під час зберігання (Manoli, et al., 2022).

Рослинні збагачувачі. Використання порошку топінамбура (багатого на інулін), морських водоростей або насіння льону/чіа дозволяє створювати комбіновані рибно-рослинні продукти з покращеним профілем жирних кислот та

пребіотичними властивостями (Zarubin, Strokovа, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

Конвекційний тип сушіння є одним із найбільш ефективних та керованих методів виробництва в'ялено-сушеної продукції в сучасних умовах.

Характеристика конвекційного сушіння

Цей метод базується на передачі тепла сировині за допомогою сушильного агента – зазвичай підігрітого повітря, що постійно циркулює (Yu, Morton, Clerens, & Dyer, 2017; Yin, Zhou, Pereira, Zhang, & Zhang, 2020; Hu, et al., 2017).

Механізм процесу. Повітря поглинає вологу з поверхні риби та відводить її. На відміну від традиційного відкритого сушіння, цей процес відбувається в закритому та захищеному середовищі, що гарантує захист продукту від мікроорганізмів, комах та непередбачуваних погодних умов (Paul, Reza, Islam, & Kamal, 2018; Komolafe, Oluwaleye, Adejumo, & Oladapo, 2019).

Температурні режими. Для оптимізації часу сушіння та фінального вмісту води часто застосовують ступінчасті режими. Наприклад, початкове нагрівання до 90°C з наступним зниженням до 60°C (Starostenko, et al., 2020). В інших розроблених технологіях для максимального збереження біологічної цінності рибного фаршу рекомендується температура сушильного агента, що не перевищує 50 ± 2 °C.

Результат. Метод дає змогу досягти кінцевої вологості продукту на рівні 5–12%, при якій більшість мікроорганізмів втрачають здатність до розмноження, що забезпечує тривалий термін зберігання без псування. Також конвекційне сушіння сприяє формуванню щільної, еластичної консистенції та посиленню смакових якостей продукту (Starostenko, et al., 2020; Palamarchuk, 2025).

Отже, еволюція технологій іде шляхом переходу від некерованих природних процесів до контрольованих методів (сублімація, екструзія), що гарантують безпеку та функціональність готової продукції.

Вибір технології на підприємствах залежить від цільового ринку та типу продукту. Конвекційне сушіння є промисловим стандартом для виробництва традиційної в'яленої риби (наприклад, норвезького кліпфіша) та сучасних

формованих снєків (Bantle & Hanssler, 2013; Deng, et al., 2021). Це найбільш раціональний метод з точки зору балансу між економічною ефективністю та безпекою продукції. Екструзійна технологія надзвичайно широко застосовується великими підприємствами харчової промисловості для виробництва рибних снєків (паличок, чіпсів, подушечок) (George & Ravishankar, 2022). Екструзія є універсальним, енергоефективним методом, що поєднує короткочасну високотемпературну обробку (HTST) із формуванням продукту, забезпечуючи його високу засвоюваність та мікробіологічну чистоту (Manoli, et al., 2022).

Природне сонячне сушіння. Незважаючи на гігієнічні недоліки, воно все ще залишається найбільш масовим методом у світовому масштабі (особливо в країнах Азії, таких як Китай, Бангладеш, Індія) через надзвичайно низьку собівартість (Patterson & Ranjitha, 2009; Paul, Reza, Islam, & Kamal, 2018). Проте сучасні підприємства поступово замінюють його на вдосконалені сонячні сушарки з використанням спеціальних стелажів для покращення гігієни.

Отже, якщо мова йде про сучасні українські та європейські підприємства, що орієнтовані на стандарти безпеки, то конвекційне сушіння та екструзія є домінуючими технологіями.

1.3. Чинники, що впливають на якість і безпечність в'ялено-сушеної риби

Якість і безпечність в'ялено-сушеної риби залежать від комплексу взаємопов'язаних факторів: від характеристик сировини та методів її обробки до умов зберігання готового продукту.

1. Технологічні параметри сушіння

Температура та час. Підвищення температури прискорює видалення вологи, проте надто високі значення (понад 100 °C) призводять до деструкції білків, розкладання жирів та руйнування ферментів. Для збереження біологічної цінності рекомендовано використовувати «м'які» режими, наприклад, температуру сушильного агента +50°C (Starostenko, et al., 2020).

Тип сушіння. Традиційне сонячне сушіння на відкритому повітрі створює ризики забруднення пилом, комахами та птахами, що погіршує гігієнічні

показники. Сучасні методи, як-от конвекційне або сублімаційне сушіння, відбуваються в закритих камерах, що гарантує мікробіологічну безпеку (Paul, Reza, Islam, & Kamal, 2018; Komolafe, Oluwaleye, Adejumo, & Oladapo, 2019; Fitri, et al., 2022).

Метод розбирання. Спосіб обробки риби (наприклад, пластування «метеликом», філетування або видалення хребта) впливає на швидкість проникнення солі та виведення вологи, що критично для рівномірності якості (Choi, Puligundla, & Mok, 2016; Praveen Kumar, et al., 2017).

2. Фізико-хімічні показники

Активність води, це головний чинник консервації. Більшість бактерій припиняють ріст при $< 0,85\%$, а при значеннях нижче $0,60\%$ мікробіологічне псування стає практично неможливим (Caurie, 2011). Оптимальна кінцева вологість для снєків становить $5\text{--}12\%$ (Syamaladevi, et al., 2016; Starostenko, et al., 2020).

Рівень рН. Зміна кислотності середовища під час сушіння та дозрівання є індикатором свіжості. Засолена риба зазвичай має нижчий рН, що також гальмує розвиток патогенної мікрофлори (Kasumyan & Doving, 2003; Ullah, Hazarika, & Handique, 2016; Praveen Kumar, et al., 2017).

3. Біохімічні чинники та безпечність

Окислення ліпідів. Риба багата на поліненасичені жирні кислоти (омега-3), які легко окислюються під впливом світла та кисню, спричиняючи прогірклість і накопичення токсичних продуктів окислення (альдегідів, кетонів) (Manoli, et al., 2022; Palamarchuk, 2025).

Накопичення біогенних амінів (гістаміну). У процесі ферментації та зберігання можуть накопичуватися токсичні сполуки. Високий вміст гістаміну може викликати отруєння та алергічні реакції («гістамінну мігрень») (Manoli, et al., 2022). Використання сировини з низькою ферментативною активністю (наприклад, товстолоба) та додавання гідроколоїдів (альгілату натрію) дає змогу знизити рівень гістаміну у 2–3 рази порівняно з контролем.

Важкі метали. Безпечність залежить від екологічного стану водойм, де виловлено рибу, оскільки вона здатна накопичувати свинець, ртуть та кадмій (Freire & da Rocha, 2016; Deng, et al., 2021).

4. Склад сировини та добавки

Вміст жиру в рибі. Пісна риба (путасу, минтай, тилапія) сушиться легше та довше зберігається, тоді як жирні види (сардина, скумбрія) потребують суворішого контролю за окисленням (Starostenko, et al., 2020).

Спеції та сіль. Сіль витягує вологу та діє як консервант. Спеції (червоний перець, куркума) можуть не лише покращувати смак, а й виступати природними антиоксидантами (Bantle & Hanssler, 2013; Deng, et al., 2021).

Структуроутворювачі. Додавання альгінату натрію або рослинних порошків (наприклад, топінамбура) покращує консистенцію продукту, роблячи його еластичним і запобігаючи ламкості (Manoli, et al., 2022).

5. Умови зберігання та пакування

Упаковка. Використання вакууму або активної упаковки з поглиначами кисню суттєво уповільнює окислення білків та жирів (Fitri, et al., 2022).

Температурний режим. Для стабільності якості в'ялених продуктів рекомендовано зберігання за температури 2–6 °C та відносній вологості не вище 75%. Це дає змогу підтримувати мікробіологічну стабільність впродовж 25 днів і більше (Palamarchuk, 2025).

Ефективність пригнічення шкідливої мікрофлори безпосередньо залежить від обраного типу сушіння, оскільки головним чинником консервації є ступінь дегідратації та зниження показника активності води. При значеннях активності води нижче 0,60 мікробіологічне псування стає практично неможливим (Starostenko, et al., 2020; Tsironi & Taoukis, 2014; Fitri, et al., 2022).

Було порівняно основні типи сушіння за їхньою здатністю пригнічувати мікрофлору.

1. Традиційне сонячне та повітряне сушіння

Механізм дії. Видалення вологи за рахунок сонячного тепла та природної циркуляції повітря.

Ефективність. Встановлено, що природне сушіння здатне повністю елімінувати такі патогени, як *Salmonella spp.* та *Vibrio spp.*

Ризики. Це найменш гігієнічний метод, оскільки риба відкрита для пилу, комах та птахів, що створює постійну загрозу вторинного забруднення. Дослідження показують, що в сушеній на сонці рибі часто зберігається *Escherichia coli* (Immaculate, Sinduja, & Jamila, 2012; Komolafe, Oluwaleye, Adejumo, & Oladapo, 2019).

2. Конвекційне та гаряче сушіння (Овенове)

Механізм дії. Використання нагрітого повітря в закритих камерах.

Ефективність. Сушіння при температурах понад 100 °C дозволяє отримати практично стерильний продукт. Сучасні закриті системи забезпечують набагато нижчі показники загальної кількості мікробів (TVC) та грибків (TFC) порівняно з відкритими методами.

Недоліки. Висока температура, хоча і вбиває мікрофлору, призводить до деструкції білків та розкладання жирів (Manoli, et al., 2022; Sivaraman & Siva, 2015).

3. Сушіння копченням

Механізм дії. Поєднання термічної обробки з дією антисептичних сполук диму (фенолів, формальдегіду).

Ефективність. Метод ефективно запобігає розвитку фекальних коліформ.

Стійка мікрофлора. У копчено-сушеній рибі можуть виживати такі бактерії, як *Bacillus*, *Klebsiella*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas* та *Streptococcus*. Також спостерігається значне зниження різноманітності грибкової флори (Immaculate, Sinduja, & Jamila, 2012; Ileogben, Oginni, & Akinrolabu, 2018).

4. Сублімаційне (ліофільне) сушіння

Механізм дії. Видалення вологи шляхом сублімації льоду при від'ємних температурах у вакуумі.

Ефективність. Завдяки проведенню процесу в закритій камері за низького тиску, цей метод забезпечує вищий рівень мікробіологічної чистоти порівняно з

традиційним сушінням на сонці (Zarubin, Strokova, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020; Nagwekar, Tidke, & Thorat, 2017).

5. Екструзійна технологія (HTST)

Механізм дії. Короткочасна обробка під високим тиском і температурою.

Ефективність. Вважається одним із найбільш надійних методів, що гарантує повну елімінацію мікробів у готових снеках (George & Ravishankar, 2022).

6. Вакуумне мікрохвильове сушіння

Механізм дії. Використання енергії мікрохвиль у вакуумному середовищі.

Ефективність. Забезпечує швидке випаровування вологи, що скорочує час перебування продукту в небезпечній температурній зоні та мінімізує ризик забруднення патогенами з повітря (Bampi, Schmidt, & Laurindo, 2019; Jangam, 2011; Almine, 2023).

Хоча природне сонячне сушіння є наймасовішим, воно програє сучасним методам через некерованість процесу та ризик збереження *E. coli*. Конвекційне сушіння та екструзія є лідерами в забезпеченні мікробіологічної безпеки, проте потребують суворого контролю температурних режимів для збереження нутрієнтів. Копчення надає додатковий хімічний захист завдяки антисептикам диму, але не є універсальним засобом проти всіх видів бактерій (Olayemi, Adedayo, Bamishaiye, & Awagu, 2011; Yanar, 2007; Ileogben, Oginni, & Akinrolabu, 2018).

1.4. Аналіз наукових досліджень щодо підвищення нутрітивної цінності рибних продуктів

Аналіз наукових досліджень свідчить про значний потенціал рибної сировини для створення функціональних продуктів, особливо снєків, за рахунок використання вторинних ресурсів та інноваційних добавок. Основні напрямки досліджень зосереджені на збагаченні продуктів повноцінним білком, біодоступними мінералами, пребіотиками та незамінними жирними кислотами.

1. Збагачення білком та використання вторинної сировини

Одним із провідних трендів є глибока переробка риби для мінімізації відходів та підвищення харчової цінності.

Використання шкіри та кісток. Дослідження показали, що додавання білкової добавки на основі шкіри лосося (до 15%) до рибного фаршу путасу дозволяє отримати продукт із високим вмістом легкозасвоюваного протеїну та поліпшеними структурно-механічними властивостями (Starostenko, et al., 2020).

Цільнорибний порошок (WFP). Науковці пропонують використовувати порошок із цілої риби (м'ясо, шкіра, кістки, плавці), що дозволяє досягти «нульових відходів». Встановлено, що додавання 5% такого порошку є оптимальним для збереження текстури та структури снеків (Nawaz, et al., 2021; Ishak & Sarbon, 2018; Monteiro, et al., 2019; Monteiro, et al., 2014).

Рибні гідролізати. Використання порошку з побічних продуктів теляти, отриманого шляхом ферментативного гідролізу, підвищує вміст білка в снекових батончиках з 21,58% до 32,08% (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021).

2. Мінералізація та біодоступність нутрієнтів

Рибні снеки є ефективним носієм мікро- та макроелементів.

Рибні кістки є унікальним джерелом кальцію. Дослідження підтверджують, що мікроподрібнена рибна кістка в складі смажених снеків забезпечує 37% біодоступного кальцію, що значно вище порівняно з рослинними джерелами або штучними солями (Nawaz, et al., 2019; Zarubin, Stroкова, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

Використання водоростей (*Eucheuma cottonii*, *Gracilaria sp*) у поєднанні з фаршем змієголова дозволяє створювати «норі-снеки» з високим вмістом йоду та мінералів. Також розроблено сублімовані снеки з вмістом йоду до 0,021% за рахунок додавання водоростевого залишку (Yusuf, Nur Fitriani, & Syahriati., 2021).

3. Функціональні добавки та пребіотики

У наукових дослідженнях та промисловому виробництві рибних снеків використовують широкий спектр рослинних інгредієнтів для покращення їхньої

текстури, підвищення харчової цінності та надання функціональних властивостей.

Зернові, псевдозернові та крохмалевмісні культури

Ці інгредієнти є основою для формування структури снєків, особливо в екструзійних технологіях:

Традиційні злаки – пшениця (пшеничне борошно), рис (рисове борошно та пластівці), кукурудза (борошно та крупа), ячмінь та овес.

Круп'яні культури – сорго (зокрема кольорові генотипи), просо та гречане борошно.

Коренеплоди та крохмалі – картопля (порошок, пюре та крохмаль), маніока (касава) та тапіоковий крохмаль.

Бобові культури

Використовуються для фортифікації снєків рослинним білком та харчовими волокнами.

Боби та зернобобові – соя (ізоляти та борошно), сочевиця, нут (турецький горох), квасоля (зокрема біла та лімська квасоля), горох та люпин.

Овочі, фрукти та продукти їхньої переробки

Ці компоненти збагачують снєки вітамінами, антиоксидантами та мінералами:

Овочева сировина – гарбуз, кабачок, морква (борошно та вичавки), броколі, шпинат, селера, кріп та буряк.

Фруктово-ягідні добавки та відходи – родзинки, мангове та яблучне пюре, шкірка манго, залишки цитрусових та граната.

Інші вичавки – залишки кокосового молока та макуха після переробки цвітної капусти.

Водорості та водні рослини

Вони є джерелом йоду, альгінатів та специфічних полісахаридів.

Морські водорості – *Eucheuma cottonii*, *Gracilaria sp*, *Saccharina japonica* (цукрова ламінарія), порфіра (норі), комбу та вакаме.

Прісноводні рослини – ряска (*Lemna minor* та *Wolffia globosa*), яка розглядається як перспективне джерело повноцінного білка.

Насіння, горіхи та трави

Насіння та горіхи – ядра волоського горіха, коноплі, арахіс та рисові висівки.

Лікувальні та пряні рослини – часник, цибуля-шалот, імбир, *Moringa oleifera*, листя дерева нім, базилік (*Ocimum gratissimum*), а також вернонія (*Vernonia amygdalina*).

Спеції – паприка, куркума, чорний, червоний та каєнський перець.

Інші технологічні добавки рослинного походження

Гідроколоїди – натрію альгінат (отриманий з бурих водоростей) та карагінан.

Інше – цукровобурякова патока (меляса) для осмотичної дегідrataції та рослинні олії (соняшникова, соєва) для обсмажування чи змащування.

Використання цих інгредієнтів дозволяє створювати комбіновані рибно-рослинні системи, які краще задовольняють фізіологічні потреби організму в нутрієнтах.

В рамках огляду літератури та завдання магістерської роботи було обрано компоненти, які будуть використовуватися в технології рибних снєків – порошок гарбуза та буряка, а також розмарин та куркумін.

Вибір порошку гарбуза та буряка як рослинних збагачувачів, а також розмарину та куркуміну як природних антиоксидантів, дає змогу створити продукт із високою нутрітивною цінністю та стабільними показниками безпеки. На основі аналізу джерел, такий склад інгредієнтів вплине на колір, текстуру та антиоксидантну стійкість снєків із тилапії.

Роль обраних компонентів згідно з дослідженнями

Гарбуз є цінним джерелом харчових волокон (клітковини) та надає продукту приємного аромату, що гармоніює зі смаком риби.

Буряк використовується для нутритивного збагачення та надання інтенсивного кольору (нутрицевтична пігментація), проте потребує контролю температурних режимів для збереження фізико-хімічних властивостей.

Додавання цих порошків у кількості до 15% маси системи потенційно дасть змогу значно підвищити вміст мінералів та вітамінів у готовому виробі.

Куркумін діє як потужний природний антисептик та антиоксидант, захищаючи ліпіди тилапії від окислення та запобігаючи мікробному забрудненню.

Використання екстрактів трав (розмарину або базилика) є ефективною альтернативою хімічним консервантам, що дає змогу подовжити термін придатності за рахунок пригнічення патогенної мікрофлори та стабілізації ліпідного профілю.

4. Технологічні аспекти збереження якості та безпеки

Метод обробки безпосередньо впливає на нутритивну цінність готових снєків. Порівняльний аналіз показав, що випікання та мікрохвильова обробка є кращими за фритюр, оскільки вони мінімізують окислення білків і жирів, а також виключають надмірне поглинання олії (Nawaz, et al., 2021; Liu, et al., 2021).

Додавання природних гідроколоїдів (наприклад, альгілату натрію у кількості 1%) до фаршу товстолоба дозволяє знизити рівень токсичного гістаміну під час зберігання майже втричі (Manoli, et al., 2022).

Встановлено, що під час зберігання в'ялено-сушених снєків відбувається природний процес кон'югації жирних кислот з утворенням CLA (кон'югованої лінолевої кислоти), яка має протиракові та імуномодулювальні властивості (Palamarchuk, 2025).

Профілактичне та спеціальне спрямування

Наукові розробки орієнтовані на конкретні групи споживачів. Снеки на основі путасу з білковими добавками рекомендовані для запобігання загостренням хронічних захворювань органів черевної порожнини (Starostenko, et al., 2020). Пептиди, що містяться в гідролізатах тілапії, демонструють

здатність інгібувати АПФ, що сприяє зниженню артеріального тиску. Дослідження підтверджують ефективність рибних снеків із гідролізатами проти *Staphylococcus aureus* (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021; Cerrato, et al., 2020).

Також досліджено приклади з наукових досліджень, де додавання різних інгредієнтів до рибних снеків дозволило значно підвищити їхню нутритивну та функціональну цінність:

1. Снеки на основі фаршу путасу (Blue whiting) (Starostenko, et al., 2020)

Доданий інгредієнт – білкова добавка на основі шкіри лосося (у концентрації до 15%).

Результат – збільшення вмісту мінеральних речовин та повноцінного білка у готовому продукті. Використання такої сировини дозволяє створювати снеки для профілактики загострень хронічних захворювань ШКТ.

2. Снеки з пеленгаса (So-iuyu mullet) (Palamarchuk, 2025)

Додані інгредієнти – порошок топіамбура (20%), профілактична сіль зі зниженим вмістом натрію та розчин альгінату натрію.

Результат – вміст інуліну (пребіотика) досяг 9,4 г на 100 г продукту, що задовольняє добову потребу організму на 62,7%. Також покращився баланс мінералів: знизився рівень натрію та зросли показники калію, магнію та йоду. Крім того, під час зберігання у снеках природним шляхом накопичувалися корисні кон'юговані жирні кислоти (CLA та CLnA).

3. Структуровані снеки з товстолоба (Silver carp) (Manoli, et al., 2022)

Додані інгредієнти – альгінат натрію (1–1,35%) та паприка.

Результат – додавання рослинних біополімерів дозволило контролювати накопичення токсичних біогенних амінів, знизивши рівень гістаміну майже втричі порівняно з контролем (32,5 мг/кг проти 80 мг/кг).

4. Снекові батончики з талапії (Nile tilapia) (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021)

Додані інгредієнти – порошок із вторинної сировини талапії (TDP) та гідролізат (THP), отриманий за допомогою ферменту бромелаїну.

Результат – вміст білка зріс із 21,58% до 32,08%. Снеки продемонстрували високу антиоксидантну активність, здатність інгібувати АПФ

(ангіогіпертензивна дія) та антибактеріальні властивості проти *Staphylococcus aureus*.

5. Сублімовані снеки з минтая, тріски та макруруса (Zarubin, Stroкова, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020)

Додані інгредієнти – насіння льону та чіа, водоростевий залишок ламінарії, овочі (гарбуз, кабачок, броколі, морква).

Результат – отримано продукт із високим вмістом білка (30–56%), омега-3 жирних кислот (45–49% від суми жирних кислот), харчових волокон (до 23,77%) та йоду (0,021%).

6. Смажені снеки з білого амура (Grass carp) (Nawaz, et al., 2019)

Доданий інгредієнт – мікроподрібнена рибна кістка (до 14,28%).

Результат – снеки забезпечили організм 37% біодоступного кальцію, що значно вище за показники рослинних джерел або штучних солей кальцію.

7. Рибні чіпси та крекери

Чіпси з пангасіуса (Thai pangas) – додавання 40% відновленого фаршу з відходів філетування до рисових висівок та картопляного пюре збільшило вміст білка до 23,84% (проти 10,96% у контролі) (Hossain, et al., 2024).

Крекери з мригаля (Mrigal) – поєднання фаршу з кукурудзяним борошном, картоплею та часником (1:1) забезпечило високу енергетичну цінність та вміст білка (до 17,82%) (Baishak, Islam, Moazzem, Ahmad, & Zzaman, 2020).

Норі-снеки зі змієголова (Snakehead fish) – додавання водоростей *Eucheuma cottonii* та *Gracilaria sp* дозволило отримати снеки, багаті на білок (до 43%), йод та клітковину при низькому вмісті жиру (Yusuf, Nur Fitriani, & Syahriati., 2021).

Висновки до розділу 1

1. Характеристика рибної сировини як джерела повноцінних нутрієнтів

Рибна сировина є унікальним джерелом високоякісного білка, який засвоюється організмом на 92–98% і містить збалансований склад незамінних амінокислот (лізин, метіонін, цистеїн). Вона багата на життєво важливі омега-3

поліненасичені жирні кислоти (ЕРА та DHA), вітаміни групи В (В6, В12), РР, А, D та мінерали – йод, селен, фосфор. Вторинна сировина (кістки, шкіра) є цінним джерелом колагену та біодоступного кальцію, який засвоюється краще, ніж із рослинних джерел.

2. Традиційні та сучасні технології виробництва в'ялено-сушеної риби

Традиційні методи ґрунтуються на природному повітряному та сонячному сушінні, засолюванні (сухому або тузлучному) та копченні. Вони є малозатратними, але залежними від погоди та мають вищі гігієнічні ризики.

Сучасні технології використовують закриті системи для інтенсифікації процесу. Найефективнішими є конвекційне сушіння (контрольовані режими), сублімаційне сушіння (зберігає колір, смак і нутрієнти), вакуумне сушіння (найшвидший метод) та екструзійна технологія (HTST) для виробництва готових до вживання сніків.

3. Чинники, що впливають на якість і безпечність в'ялено-сушеної риби

Технологічні параметри – оптимальною для збереження біологічної цінності є температура сушіння $+50-52^{\circ}\text{C}$.

Фізико-хімічні показники – критичним є показник активності води – зниження його до рівня менше 0,60 практично унеможлиблює ріст мікроорганізмів.

Ризики безпечності – включають окислення ліпідів (прогірклість), накопичення токсичного гістаміну (біогенного аміну), зараження мікотоксинами (при відкритому сушінні), а також наявність важких металів та мікропластику.

4. Аналіз наукових досліджень щодо підвищення нутрітивної цінності рибних продуктів

Сучасні дослідження зосереджені на створенні комбінованих рибно-рослинних систем та глибокій переробці сировини

Фортифікація рослинними інгредієнтами – додавання порошку топінамбура збагачує сніки пребіотиком інуліном (до 62,7% добової потреби); насіння льону та чіа підвищує вміст омега-3 до 45–49% від загальної кількості жирних кислот.

Використання вторинної сировини – розроблені технології снєків із додаванням білка шкіри лосося, мікроподрібненої рибно-кісткової маси та цілорибного порошку (WFP), що забезпечує безвідходність виробництва.

Функціональні добавки – використання гідролізатів тілапії (пептидів) надає продуктам антигіпертензивних та антиоксидантних властивостей, а додавання гідроколоїдів (альгінату натрію) дозволяє ефективно регулювати вміст гістаміну та структуру продукту.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація та схема проведення досліджень

Метою дослідження було удосконалення технології виробництва в'ялено-сушених рибних снєків на основі тилапії шляхом використання рослинних компонентів та природних антиоксидантів для підвищення харчової цінності, покращення органолептичних властивостей і забезпечення якості та безпечності готової продукції.

Дослідження проводили у декілька послідовних етапів.

На першому етапі здійснювали аналіз наукової літератури щодо сучасних технологій виробництва в'ялено-сушених рибних продуктів, харчової цінності тилапії, особливостей використання рослинної сировини у технології рибних продуктів, а також застосування природних антиоксидантів для запобігання окиснювальним процесам під час зберігання.

На другому етапі обґрунтовували вибір сировини та допоміжних компонентів. Основною сировиною для виготовлення снєків було обрано філе тилапії, яке характеризується високим вмістом повноцінного білка, низьким вмістом сполучної тканини та добрими технологічними властивостями.

Для підвищення нутритивної цінності до рецептури вносили порошок гарбуза та порошок буряка. Порошок гарбуза розглядався, як джерело харчових волокон, каротиноїдів, мінеральних речовин та біологічно активних сполук. Порошок буряка використовували як джерело харчових волокон, беталаїнів, фенольних сполук і природних пігментів, що здатні покращувати харчову цінність та колір готового продукту.

Для забезпечення антиоксидантного захисту та підвищення стабільності якості під час зберігання до рецептури вводили екстракт розмарину та куркумін. Дані компоненти характеризуються високою антиоксидантною активністю та здатністю пригнічувати процеси окиснення ліпідів у харчових продуктах.

На третьому етапі було сформовано контрольний та дослідні зразки. Контрольний зразок виготовляли за базовою технологією без внесення функціональних добавок. Дослідні зразки відрізнялися кількістю порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну.

На четвертому етапі здійснювали виготовлення снєків за розробленою технологічною схемою, яка включала підготовку рибної сировини, подрібнення, змішування з рецептурними компонентами, формування напівфабрикатів, в'ялення та сушіння до досягнення необхідних показників вологості.

На п'ятому етапі проводили комплексне оцінювання якості готової продукції. Органолептичну оцінку здійснювали за показниками зовнішнього вигляду, кольору, запаху, смаку та консистенції. Фізико-хімічні дослідження включали визначення масової частки вологи, білка, жиру, золи та кухонної солі.

На шостому етапі оцінювали вплив рослинних компонентів на харчову цінність продукту шляхом розрахунку вмісту основних нутрієнтів та енергетичної цінності готових снєків.

На сьомому етапі визначали ефективність застосування природних антиоксидантів шляхом оцінювання змін показників якості під час зберігання та аналізу ступеня окиснювальних процесів у дослідних зразках.

На завершальному етапі здійснювали статистичну обробку результатів досліджень, встановлювали оптимальну рецептуру в'ялено-сушених снєків із тилапії та обґрунтовували доцільність використання порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину і куркуміну в технології виробництва функціональних рибних продуктів.

В рамках магістерської роботи було сформовано 1 контрольний та 4 дослідні зразки, що дало змогу оцінити окремий і комбінований вплив рослинних компонентів та антиоксидантів на якість в'ялено-сушених снєків із тилапії (табл 2.1).

Таблиця 2.1

Схема досліджень та рецептури дослідних зразків в'ялено-сушених снеків із тилапії

Сировина та добавки	Контроль (К)	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Філе тилапії, %	100	95	95	94,8	94,6
Порошок гарбуза, %	—	5,0	—	3,0	3,0
Порошок буряка, %	—	—	5,0	2,0	2,0
Екстракт розмарину, %	—	—	—	0,1	0,2
Куркумін, %	—	—	—	0,1	0,2

Примітка. Вміст компонентів наведено у відсотках до маси рибної сировини.

Контрольний зразок (К). Снеки з тилапії, виготовлені за базовою технологією без рослинних добавок та антиоксидантів.

Зразок 1. Снеки з додаванням 5 % порошку гарбуза. Досліджується вплив гарбузового порошку на органолептичні показники, структуру та нутритивну цінність продукту.

Зразок 2. Снеки з додаванням 5 % порошку буряка. Досліджується вплив бурякового порошку на колір, смак та біологічну цінність виробу.

Зразок 3. Снеки з комбінованим внесенням порошку гарбуза (3 %), порошку буряка (2 %), екстракту розмарину (0,1 %) та куркуміну (0,1 %). Вивчається синергетичний вплив функціональних компонентів.

Зразок 4. Снеки з комбінованим внесенням порошку гарбуза (3 %), порошку буряка (2 %), екстракту розмарину (0,2 %) та куркуміну (0,2 %).

Визначається вплив підвищеної концентрації антиоксидантів на якість та стабільність продукту під час зберігання.

Однією з гіпотез дослідження є те, що порошки гарбуза та буряка не лише покращують органолептичні властивості, а й підвищують вміст харчових волокон, каротиноїдів, фенольних сполук та антиоксидантів у готовому продукті, формуючи функціональний рибний снєк підвищеної біологічної цінності.

2.2. Характеристика об'єктів дослідження та вихідної сировини

Тилапія (зокрема вид *Oreochromis niloticus* та *Sarotherodon galilaeus*) є однією з найперспективніших видів прісноводної риби для виробництва в'ялено-сушених снєків завдяки своїй високій харчовій цінності, доступності та функціональним властивостям.

Нутритивний профіль та біологічна цінність

Високоякісний білок. Тилапія є джерелом повноцінного білка з добре збалансованим складом амінокислот (George & Ravishankar, 2022). Вона містить високі рівні незамінних амінокислот, таких як гістидин, лізин, треонін, метіонін, валін та лейцин. У порівнянні з рослинними білками, рибний білок тилапії має вищу біологічну цінність завдяки оптимальному балансу цистеїну та метіоніну (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021).

Ліпідний склад та Омега-3. Хоча прісноводна риба зазвичай містить менше омега-3 ПНЖК, ніж морська, тилапія забезпечує організм критично важливими кислотами: ейкозапентаєною (ЕРА) та докозагексаєною (DHA). Також у її складі ідентифіковано альфа-ліноленову, ейкозатрієнову, гамма-ліноленову та докозатрієнову кислоти (George & Ravishankar, 2022; Zulaikha, Yao, & Chang, 2021).

Вітамінно-мінеральний комплекс. М'ясо тилапії багате на селен, фосфор, калій, а також вітаміни групи В, зокрема В12, В6, ніацин (РР) та пантотенову кислоту. Встановлено також наявність вітаміну С, вміст якого залишається стабільним після сушіння (Fitri, et al., 2022).

Технологічні та економічні аспекти

Вихід продукції. При промисловому філетуванні тилапії вихід безкісткового філе становить близько 30–35%. Решта (65–70%) – це голови, хребти та шкіра, які є цінною вторинною сировиною для отримання рибних порошків та гідролізатів (Hossain, et al., 2024).

Використання побічних продуктів. Порошок із каркасів тилапії (TDP) є доступним та багатим на нутрієнти інгредієнтом, який легко інтегрується у рецептури снєків (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021).

Функціональні та лікувальні властивості

Використання ферментативних гідролізатів тилапії (отриманих, наприклад, за допомогою бромелаїну) надає снекам додаткових оздоровчих властивостей.

Пептиди тилапії здатні інгібувати ангіотензинперетворювальний фермент (АПФ), що сприяє зниженню кров'яного тиск. Гідролізати тилапії демонструють здатність поглинати вільні радикали (активність DPPH) та виявляють активність проти таких бактерій, як *Staphylococcus aureus*. У традиційній медицині тилапія здавна використовується для зменшення запалення, болю та прискорення регенерації тканин завдяки високому вмісту DHA (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021; Zięć, Michalski, Konieczna-Molenda, Dera, & Tkaczewska, 2025).

Роль у спеціальному харчуванні

Завдяки своїм характеристикам, тилапія розглядається як ідеальний компонент для «таргетованого харчування» Снеки на її основі можуть бути корисними для діабетиків, адже потенційно можуть допомагати знизити постпрандіальну глікемію (рівень цукру після їди). Веганів та вегетаріанців, як джерело біоактивного вітаміну B12. Людей із дефіцитом заліза, адже залізо з тилапії має високу біодоступність і ефективно для профілактики анемії (Zhou, Vu, & McClements, 2022; Zięć, Michalski, Konieczna-Molenda, Dera, & Tkaczewska, 2025).

Підсумовуючи, тилапія є універсальною сировиною, яка дасть змогу перетворити звичайні снеки на багатокomпонентні нутрицевтики з високим вмістом білка, мінералів та біоактивних пептидів.

Сучасний вектор розвитку нутриціології та харчових технологій спрямований на створення продуктів функціонального призначення з використанням інгредієнтів натурального походження. У технології рибних продуктів, зокрема в'ялено-сушених, актуальним завданням є пролонгація термінів придатності шляхом гальмування окиснювального псування ліпідів та збагачення готових виробів дефіцитними мікронутрієнтами (харчовими волокнами, вітамінами, антиоксидантами). Особливий науковий та практичний інтерес викликає застосування рослинних порошків (гарбуза і буряка) як джерел біологічно активних речовин, а також екстрактів розмарину та куркуміну як високоефективних природних антиоксидантів.

1. Рослинні порошки (гарбуз, буряк) як багатofункціональні нутрицевтичні інгредієнти. Використання дегідратованої рослинної сировини у формі дисперсних порошків є ефективним технологічним прийомом, який дозволяє коригувати хімічний склад і реологічні властивості рибних систем.

Порошок гарбуза (*Cucurbita pepo*). Згідно з дослідженнями досвідчених нутриціологів, гарбузовий порошок є концентрованим джерелом розчинних і нерозчинних харчових волокон (пектину, целюлози), каротиноїдів (beta-каротину), вітамінів С, Е та мінеральних речовин (калію, магнію, заліза) (Aziz, Ejaz, Faiz ul Rasool, Maham, & Uddin, 2023).

У харчових технологіях порошок гарбуза досліджено як водозв'язуючий та текстуруючий агент. Наукові праці показують (Hussain, et al., 2022; Asaduzzaman, Akter, & Rahman, 2025), що введення гарбузового порошку до м'ясних та рибних фаршевих систем підвищує їхню вологоутримуючу здатність (ВУЗ) завдяки високій гідрофільності полісахаридів.

У технології рибних продуктів каротиноїди гарбуза виконують роль синергістів антиоксидантного захисту та дозволяють надавати продукту

привабливого органолептичного профілю (золотисто-жовтого кольору), що є важливим для в'яленої продукції (Gavril, et al., 2024; Batool, et al., 2022).

Порошок буряка (*Beta vulgaris*). Червоний столовий буряк привертає увагу дослідників високим вмістом беталаїнів (зокрема, бетаніну) – водорозчинних пігментів із потужною антиоксидантною та антирадикальною активністю, а також харчових нітратів, які в організмі трансформуються в оксид азоту (NO), покращуючи вазодилатацію (розширення судин) (El-Beltagi, et al., 2022; Hosen, Islam, Jaman, Hasan, & Rahman, 2022; Heikal, Limam, Omer, Mostafa, & Khalifa, 2025).

У м'ясній та рибній індустрії порошок буряка традиційно розглядається як натуральний колорант, здатний замінити синтетичні барвники та знизити рівень використання токсичних нітритів калію/натрію. Дослідження підтверджують, що антиоксидантний потенціал бурякового порошку ефективно стримує первинне окиснення ліпідів (накопичення пероксидів) у напівфабрикатах та сушених виробках, паралельно збагачуючи їх на пектинові речовини (Brzezińska-Rojek, et al., 2023; Nahla, Wisam, & Tariq, 2018; Vasconcellos, et al., 2016).

2. Природні антиоксиданти (розмарин, куркумін) у стабілізації рибної сировини

Оскільки м'язова тканина риб містить значну кількість поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), вона є вкрай лабільною до кисневої та теплової деградації під час в'ялення і зберігання. Використання фітоекстрактів є безпечною альтернативою синтетичним антиоксидантам (БНА, БНТ).

Екстракт розмарину (*Rosmarinus officinalis*), є одним із найбільш вивчених та комерційно успішних природних антиоксидантів, що визнаний Європейським відомством з безпеки харчових продуктів (EFSA). Його активність зумовлена наявністю фенольних дитерпенів, ключовими з яких є карнозинова кислота та карнозол, а також розмаринова кислота (Ozogul, et al., 2010; Da Silva Afonso & Sant'Ana, 2008).

Механізм дії полягає в інактивації вільних радикалів жирних кислот та перериванні ланцюгових реакцій автоокиснення ліпідів. У чисельних наукових

публікаціях (Vareltzis, Koufidis, Gavriilidou, Papavergou, & Vasiliadou, 1997; Pourashouri, Shabanpour, Abad, & Zahiri, 2016; Wang, et al., 2018) доведено, що обробка рибної сировини (шляхом маринування, занурення або безпосереднього введення у фарш) екстрактом розмарину суттєво знижує показники пероксидного (ПЧ) та тиобарбітурового (ТБЧ) чисел під час термічного оброблення та тривалого зберігання жирних видів риб (таких як лосось, скумбрія, сардина). Крім того, розмарин виявляє виражений антимікробний ефект проти патогенної та гнилісної мікрофлори.

Куркумін (екстракт *Curcuma longa*), це головний поліфенол куркуми, який володіє потужними протизапальними, антиканцерогенними та антиоксидантними властивостями. Як антиоксидант, куркумін діє як «пастка» для активних форм кисню (АФК) та радикалів пероксидів ліпідів. У рибних технологіях куркумін демонструє високу ефективність у захисті білково-ліпідного комплексу (Fernandes, Cervi, Aparecida de Carvalho, & Lapa-Guimarães, 2017; Lee & Surh, 2022; Lee & Surh, 2024). Дослідження показують, що покриття риби їстівними плівками (наприклад, на основі желатину чи хітозану) з додаванням куркуміну або безпосередня дифузія куркуміну в м'язову тканину гальмує процеси гідролітичного розпаду жиру, запобігає втраті лізину та інших незамінних амінокислот, а також усуває небажаний специфічний «рибний» запах (триметиламін) завдяки своїм ароматичним властивостям (Jakubczyk, Drużga, Katarzyna, & Skonieczna-Żydecka, 2020; Cousins, Adelberg, Chen, & Rieck, 2007; Shang, et al., 2010).

Аналіз наукових джерел дозволяє констатувати наявність наукового підґрунтя для використання обраних добавок. Проте, у технології саме в'ялено-сушеної риби існує певний дефіцит комплексних рішень.

В'ялення риби – це тривалий процес, що супроводжується активним контактом продукту з киснем повітря за помірних температур, що створює ідеальні умови для окиснювального псування жиру (особливо у підшкірних шарах). Природні антиоксиданти (розмарин та куркумін) спроможні заблокувати цей процес на радикальному рівні, зберігши біологічну цінність ПНЖК.

Рослинні порошки (гарбуз і буряк) завдяки вмісту пектинів та клітковини можуть виступати регуляторами швидкості вологовіддачі (кінетики сушіння), запобігаючи утворенню «загартування» (пересохлої кірочки на поверхні риби) та забезпечуючи рівномірне зневоднення.

Таким чином, комбінування та удосконалення технології в'ялено-сушеної риби із залученням рослинних порошоків та природних антиоксидантів є перспективним нутриціологічним напрямом, що дасть змогу отримати безпечний функціональний продукт із пролонгованим терміном зберігання та підвищеною біологічною цінністю.

2.3. Методи визначення органолептичних показників

Органолептичну оцінку в'ялено-сушених снєків із тилапії, збагачених порошком гарбуза, порошком буряка та природними антиоксидантами (екстрактом розмарину і куркуміном), проводили методом сенсорного аналізу із залученням дегустаційної комісії. Метою дослідження є визначення впливу функціональних добавок на споживчі властивості готового продукту та встановлення найбільш прийнятної рецептури.

Оцінювання здійснюється за бальовим методом із використанням п'ятибальної шкали (Manoli, et al., 2022). До аналізу включені такі показники, як зовнішній вигляд, колір, запах, смак та консистенція. Для врахування різної значущості окремих показників використовували коефіцієнти вагомості (Ganesan, Rathnakumar, Nicy, & Vijayarahavan, 2017).

Під час оцінювання зовнішнього вигляду важливо враховувати однорідність форми виробів, стан поверхні, відсутність механічних пошкоджень, залишків кісток та інших сторонніх включень (Palamarchuk, 2025; Manoli, et al., 2022). Колір необхідно оцінювати за рівномірністю забарвлення та відповідністю кольоровим характеристикам сировини і внесених рослинних компонентів. Особливу увагу приділяти формуванню характерних відтінків, обумовлених присутністю порошку буряка та куркуміну. Запах визначати за інтенсивністю та гармонійністю аромату в'яленої риби, а також наявністю характерних нот

розмарину та інших рецептурних компонентів. Не допускалася присутність сторонніх запахів, зокрема ознак окиснення жиру або прогірклості. Смак важливо оцінювати за збалансованістю смакового профілю, вираженістю рибного смаку, наявністю овочевих та пряних ноток, а також відсутністю сторонніх присмаків. Консистенцію – за щільністю, еластичністю, хрусткістю, соковитістю та легкістю пережовування.

Для більш детальної характеристики смако-ароматичних властивостей додатково можна застосовувати профільний метод сенсорного аналізу. Експерти оцінюють інтенсивність окремих дескрипторів: «рибний аромат», «овочевий аромат», «пряний аромат», «солоність», «баланс смаку» та «насиченість смаку». Результати представляти у вигляді профілограм.

Інструментальним доповненням до органолептичної оцінки є визначення кольорових характеристик у системі *CIE Lab** за допомогою хромаметра та дослідження текстурних властивостей на текстур-аналізаторі шляхом вимірювання твердості та зусилля зсуву (Fitri, et al., 2022; Yusuf, Nur Fitriani, & Syahriati., 2021; Palamarchuk, 2025).

Загальну органолептичну оцінку визначати, як суму добутків балів за окремими показниками на відповідні коефіцієнти вагомості. За результатами сумарного балу встановлювати категорію якості дослідних зразків (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Шкала органолептичного оцінювання в’ялено-сушених снєків із тилапії

Показник	Коефіцієнт вагомості	Характеристика оцінки				
		5 балів	4 бали	3 бали	2 бали	1 бал
Зовнішній вигляд	0,65	Однорідна форма, рівна поверхня, без дефектів	Незначні відхилення форми	Помітні дефекти поверхні	Значні дефекти форми	Непридатний зовнішній вигляд
Колір	0,25	Рівномірний, характерний	Незначна нерівномірність	Помірні відхилення	Невластивий колір	Різно виражені

		й для рецептури		ня кольору		дефекти кольору
Запах	0,75	Гармонійни й, властивий рибі та прянощам	Незначні відхилення	Слабко виражен ий аромат	Помітні сторонні запахи	Неприємни й запах
Смак	0,35	Гармонійни й, збалансован ий	Незначні відхилення	Посеред ній смак	Сторонній присмак	Неприйнят ний смак
Консистен ція	1,00	Щільна, еластична або хрустка, легко пережовує ься	Незначні відхилення	Задовіль на	Надмірно тверда або м'яка	Незадовіль на

Таблиця 2.3

Категорії якості за результатами органолептичного оцінювання

Сумарна оцінка, % від максимального балу	Категорія якості
81–100	Відмінна
61–80	Добра
41–60	Задовільна
≤ 40	Незадовільна

Таблиця 2.4

Дескриптори профільного сенсорного аналізу

Дескриптор	Характеристика
Рибний аромат	Інтенсивність характерного аромату в'яленої риби
Овочевий аромат	Вираженість нот гарбуза та буряка
Пряний аромат	Інтенсивність нот розмарину та куркуміну
Солоність	Ступінь сприйняття солоного смаку
Баланс смаку	Гармонійність поєднання всіх смакових компонентів
Насиченість смаку	Загальна інтенсивність смакового профілю
Сторонні присмаки	Наявність гіркоти, прогірклості чи інших дефектів

2.4. Методи визначення фізико-хімічних показників

Визначення фізико-хімічних показників для в'ялено-сушених снєків із тилапії з додаванням рослинних порошоків (буряк, гарбуз) та антиоксидантів (розмарин, куркумін) здійснюється за допомогою стандартних та інструментальних методів, що дозволяють оцінити як нутрітивний профіль, так і стабільність продукту.

1. Основний хімічний склад

Масова частка вологи. Визначається арбітражним методом шляхом висушування наважки до постійної маси у сушильній шафі при температурі 105°C або $150 \pm 2^\circ\text{C}$. Також може використовуватися термогравіметричний інфрачервоний вологомір (Starostenko, et al., 2020).

Масова частка білка. Визначається за методом К'ельдаля. Вміст азоту множиться на коефіцієнт 6,25 для перерахунку на сирий протеїн. Для швидкого аналізу пептидів у гідролізатах може застосовуватися метод Лоурі-Фоліна (Nawaz, et al., 2019; Yusuf, Nur Fitriani, & Syahriati., 2021).

Масова частка жиру. Визначається методом екстракції жиру органічними розчинниками (наприклад, петролейним ефіром) в апараті Сокслета (Palamarchuk, 2025).

Масова частка золи. Встановлюється шляхом спалювання зразка в муфельній печі при температурах від 400°C до 700°C до отримання мінерального залишку (Ganesan, Rathnakumar, Nicy, & Vijayarahavan, 2017).

Вуглеводи. Розраховуються розрахунковим шляхом як різниця між 100% та сумою часток вологи, білка, жиру та золи (Hossain, et al., 2024).

2. Фізичні та структурно-механічні параметри

Активність води. Вимірюється за допомогою гігрометра (наприклад, за принципом «точки роси»), що є критичним для оцінки мікробіологічної стабільності снєків (Bampi, Schmidt, & Laurindo, 2019).

Текстурні властивості (твердість, еластичність, зусилля зсуву). Визначаються на інструментальних текстур-аналізаторах. Для фаршевих систем може використовуватися конічний пластометр для вимірювання граничної напруги зсуву (Baishak, Islam, Moazzem, Ahmad, & Zzaman, 2020).

Колір. Аналізується за системою CIELAB (L^*, a^*, b^*) за допомогою хромаметра. Це дозволяє кількісно оцінити вплив пігментів буряка та куркуміну на привабливість продукту (Nawaz, et al., 2021).

Вологозв'язувальна здатність (ВУЗ). Визначається методом центрифугування або пресування, що важливо для оцінки впливу порошку гарбуза на соковитість і структуру снеку (Nawaz, et al., 2019; Palamarchuk, 2025).

3. Показники якості та безпечності ліпідів

Пероксидне число. Визначається титруванням йоду, що виділяється при взаємодії пероксидів жиру з йодидом калію, для контролю окислювального псування під час зберігання (Palamarchuk, 2025).

Вміст кон'югованих жирних кислот (CLA/CLnA). Вимірюється методом УФ-спектрофотометрії після екстракції ліпідів (максимуми поглинання при 232 нм для дієнів та 266 нм для трієнів) (Palamarchuk, 2025).

4. Специфічні функціональні показники

Антиоксидантна активність. Визначається за здатністю продукту поглинати вільні радикали (метод DPPH), що дозволяє оцінити ефективність доданих розмарину та куркуміну (Zięć, Michalski, Konieczna-Molenda, Dera, & Tkaczewska, 2025).

Мінеральний склад (Кальцій, Залізо тощо). Встановлюється методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (Nawaz, et al., 2019).

Вміст інуліну. Визначається спектрофотометрично після кислотного гідролізу інуліну до фруктози (Zarubin, Strokova, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

Вміст гістаміну. Аналізується для контролю біогенної безпеки, особливо при використанні ферментованої сировини (Manoli, et al., 2022).

2.5. Методи оцінювання харчової та енергетичної цінності

Оцінювання харчової та біологічної цінності в'ялено-сушених рибних снєків із тилапії, збагачених рослинними компонентами (порошок гарбуза, порошок буряка) та природними антиоксидантами (екстракт розмарину,

куркумін), базується на комплексному фізико-хімічному аналізі основних нутрієнтів, хроматографічних дослідженнях та розрахункових методах із використанням енергетичних коефіцієнтів.

1. Визначення основних нутрієнтів

Білки. Масова частка білка визначається класичним методом К'ельдаля, що передбачає мінералізацію органічної речовини з подальшим визначенням загального азоту. Перерахунок азоту у сирий протеїн здійснюється із використанням коефіцієнта 6,25. Метод дозволяє оцінити загальний вміст білкових сполук у продукті та вплив технологічної обробки на їх збереження (Zarubin, Stroková, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020; Ganesan, Rathnakumar, Nicy, & Vijayarahan, 2017).

Ліпіди. Вміст жиру визначається методом екстракції органічними розчинниками (гексан або петролейний ефір) в апараті Сокслета. Отримані дані використовуються для подальшої оцінки енергетичної цінності та ступеня окиснювальної стабільності (Baishak, Islam, Moazzem, Ahmad, & Zzaman, 2020).

Вміст вологи. Масова частка вологи визначається арбітражним методом шляхом висушування наважки до сталої маси при температурі 103–105 °C або 150 ± 2 °C (для прискореного визначення). Показник є критичним для оцінки стабільності та мікробіологічної безпечності продукту (Nawaz, et al., 2021).

Зола (мінеральні речовини). Визначається методом повного озолення органічної частини зразка в муфельній печі при температурі 500–600 °C до отримання стабільного мінерального залишку (Ganesan, Rathnakumar, Nicy, & Vijayarahan, 2017).

Вуглеводи. Розраховуються непрямим (різницеvim) методом як різниця між 100 % та сумою масових часток вологи, білка, жиру і золи. Для детального аналізу окремих вуглеводів (зокрема, харчових волокон із гарбуза та буряка) застосовуються ензиматичні та спектрофотометричні методи (Zarubin, Stroková, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

2. Визначення енергетичної цінності

Загальна енергетична цінність (калорійність) розраховується за формулою Етуотера (Hossain, et al., 2024):

Калорійність (ккал/100 г) = $4 \times (\text{білки, г}) + 9 \times (\text{жири, г}) + 4 \times (\text{вуглеводи, г})$.

Отримані значення дозволяють оцінити енергетичну щільність продукту та його придатність для функціонального харчування, зокрема у раціонах із підвищеною білковою потребою (Zulaikha, Yao, & Chang, 2021).

3. Оцінювання біологічної цінності

Амінокислотний склад. Визначається методом газорідинної або іонообмінної хроматографії після кислотного гідролізу білків. На основі отриманих даних розраховується амінокислотний скор відповідно до рекомендацій ФАО/ВООЗ, що дозволяє оцінити повноцінність білка тилапії та вплив технологічної обробки (Zarubin, Strokova, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

Жирнокислотний склад. Аналіз проводиться методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот із визначенням співвідношення насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот, включаючи ω -3 та ω -6 фракції (Zarubin, Strokova, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

Кон'юговані дієни та трієни. Визначаються методом УФ-спектрофотометрії після екстракції ліпідів гексаном. Показник використовується як індикатор первинних процесів окиснення жирів (Palamarchuk, 2025).

4. Функціональні та мінеральні показники

Мінеральний склад (Ca, Fe, Mg, Zn тощо). Визначається методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Особливу увагу приділяють внеску рослинних компонентів (гарбуз, буряк) у збагачення продукту мікроелементами (Nawaz, et al., 2019).

Йод. Визначається титриметричними методами або інверсійною вольтамперометрією, що є важливим для оцінки нутритивної цінності рибної сировини (Palamarchuk, 2025).

Інулін. Визначається спектрофотометрично після кислотного гідролізу до фруктози, що дозволяє оцінити внесок рослинних компонентів у формування функціональних властивостей продукту (Zarubin, Strokova, Roshchina, Bredikhina, & Ignatova, 2020).

5. Показники засвоюваності

In vitro перетравлюваність (digestibility). Визначається шляхом моделювання процесів травлення з використанням ферментів (пепсин, трипсин, панкреатин) в умовах, що імітують шлунково-кишковий тракт людини. Показник дозволяє оцінити біодоступність білків та мінеральних речовин, зокрема кальцію рибного походження (Nawaz, et al., 2019).

Застосування наведеного комплексу методів (табл. 2.5) дає змогу не лише визначити хімічний склад продукту, але й комплексно оцінити його харчову, біологічну та функціональну цінність. Це дозволяє встановити ступінь задоволення добової фізіологічної потреби людини у білках, ліпідах, мінеральних речовинах та біологічно активних сполуках при споживанні розроблених в'ялено-сушених рибних снєків.

Таблиця 2.5

Методи визначення харчової та біологічної цінності в'ялено-сушених снєків із тилапії

Група показників	Показник	Метод визначення	Прилад / обладнання	Аналітичне значення
Основний хімічний склад	Білки	Метод К'ельдаля	Автоматичний азот-аналізатор / лабораторне обладнання для титрування	Оцінка білкової цінності та повноцінності продукту
	Жири (ліпіди)	Екстракційний метод (Сокслета)	Апарат Сокслета	Визначення енергетичної цінності та схильності до окиснення
	Вміст води	Висушування до сталої маси (105 °C)	Сушильна шафа / вологомір	Оцінка стабільності та терміну зберігання

	Зола	Озолення	Муфельна піч	Вміст мінеральних речовин
	Вуглеводи	Розрахунковий метод	Аналітичні розрахунки	Загальна харчова структура продукту
Енергетична цінність	Калорійність	Формула Етуотера	Розрахунок	Оцінка енергетичної щільності продукту
Амінокислотний склад	Незамінні амінокислоти	Хроматографія (ГРХ / ІОХ)	Газовий/іонообмінний хроматограф	Біологічна повноцінність білка
Жирнокислотний склад	ω -3, ω -6, SFA, MUFA, PUFA	Газова хроматографія метилових ефірів	Газовий хроматограф	Харчова та функціональна цінність жирів
Окиснювальна стабільність	Пероксидне число	Йодометричне титрування	Титратор / лабораторний посуд	Ступінь окиснення жирів
	Кон'юговані дієни/трієни	УФ-спектрофотометрія	Спектрофотометр	Первинні стадії окиснення ліпідів
Мінеральний склад	Ca, Fe, Mg, Zn	ААС-спектрофотометрія	Атомно-абсорбційний спектрофотометр	Мінеральна та нутритивна цінність
	Йод	Титриметрія / вольтамперометрія	Вольтамперометр	Оцінка йодного забезпечення
Функціональні компоненти	Інулін (з гарбуза/буряка)	Спектрофотометрія після гідролізу	Спектрофотометр	Пребіотична та функціональна цінність
	Антиоксидантна активність	DRPH-метод	Спектрофотометр	Ефективність розмарину та куркуміну
Засвоюваність	<i>In vitro digestibility</i>	Ензиматичне моделювання травлення	Інкубатор, ферменти (пепсин, трипсин)	Біодоступність білків і мінералів

Висновки до розділу 2

У розділі обґрунтовано вибір основної та функціональної сировини для виробництва в'ялено-сушених рибних снєків на основі тилапії з додаванням порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну.

Описано схему досліджень, що передбачає виготовлення контрольного та дослідних зразків із різним співвідношенням рослинних компонентів та природних антиоксидантів з метою оцінювання їх впливу на якість готового продукту.

Визначено комплекс органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних, функціональних та біологічних показників, які дозволяють всебічно оцінити харчову та споживчу цінність розроблених снєків.

Описано стандартизовані та інструментальні методи дослідження, зокрема методи визначення основного хімічного складу, показників окиснювальної стабільності ліпідів, мінерального та амінокислотного складу, а також антиоксидантної активності.

Застосування комплексу фізико-хімічних та біохімічних методів забезпечує отримання достовірних результатів і створює наукову основу для подальшого обґрунтування удосконаленої технології виробництва в'ялено-сушених рибних снєків функціонального призначення.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ В'ЯЛЕНО-СУШЕНОЇ РИБИ

3.1. Розроблення технологічної схеми виробництва удосконаленого продукту

Опис технологічного процесу виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії (табл. 1).

1. Приймання сировини

На цьому етапі здійснюється вхідний контроль тилапії. Перевіряють органолептичні показники (запах, колір, консистенція), цілісність сировини та відповідність температурним умовам транспортування. Сировина повинна бути свіжою або належно замороженою, без ознак псування.

2. Зберігання сировини

Тилапію зберігають при температурі 0...+4 °C (охолоджена сировина) або не вище –18 °C (заморожена). Метою є збереження мікробіологічної безпеки та стабільності білково-ліпідного комплексу.

3. Підготовка риби

Проводять розморожування (за потреби), миття, філеювання, видалення шкіри та кісток. Далі м'ясо нарізають на смужки заданих розмірів (товщина 3–5 мм, ширина 1–2 см). Дана операція забезпечує рівномірність подальшого просолювання та сушіння.

4. Приготування функціональної суміші

Готують суміш рослинних компонентів: порошок гарбуза та буряка, екстракт розмарину та куркумін у заданих концентраціях. Метою є формування функціональних властивостей продукту – підвищення антиоксидантної активності, харчової цінності та покращення кольору.

5. Приготування маринаду

Маринад готують на основі води, кухонної солі, цукру (або меду за рецептурою) та прянощів. Після повного розчинення компонентів додають

функціональну суміш. Маринад забезпечує смако-ароматичне формування продукту та часткове консервування.

6. Маринування риби

Підготовлене філе занурюють у маринад та витримують при температурі 2–6 °C протягом 2–12 годин. На цьому етапі відбувається дифузія солі та активних речовин у м'язову тканину, що впливає на смак, текстуру та водоутримувальну здатність.

7. Видалення надлишку маринаду

Після маринування рибні смужки відділяють від маринаду, проводять стікання та легке обсушування. Це дозволяє уникнути надмірної вологості та забезпечує рівномірність подальшого сушіння.

8. В'ялення

Процес проводять при температурі 20–30 °C та відносній вологості 60–70 % протягом 2–6 годин. На даному етапі відбувається часткове зневоднення та формування характерного смаку в'яленої риби.

9. Сушіння

Сушіння здійснюють при температурі 45–60 °C до досягнення кінцевої вологості 18–25 %. Процес забезпечує стабільність продукту, зниження активності води та формування щільної структури.

10. Охолодження

Після термічної обробки продукт охолоджують до 20–25 °C протягом 30–60 хвилин для стабілізації структури та запобігання конденсації вологи всередині упаковки.

11. Контроль якості

Проводять комплексну оцінку органолептичних, фізико-хімічних та (за потреби) мікробіологічних показників. Перевіряють відповідність продукту встановленим вимогам до якості та безпечності.

12. Пакування

Готові снеки пакують у вакуумну або модифіковану газову упаковку, що запобігає окисненню ліпідів та розвитку мікрофлори, а також подовжує термін зберігання.

13. Маркування

Наноситься інформація про склад, харчову цінність, терміни придатності та умови зберігання відповідно до вимог харчового законодавства.

14. Зберігання та реалізація

Готову продукцію зберігають при температурі 0...+20 °С та відносній вологості не вище 75 %. Термін придатності становить до 6 місяців за умови дотримання технологічних режимів пакування та зберігання.

Таблиця 3.1

Технологічна карта виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії з рослинними компонентами та природними антиоксидантами

№	Технологічна операція	Технологічні параметри	Обладнання	Мета операції
1	Приймання сировини	Температура охолодженої риби 0...+4 °С; замороженої не вище -18 °С	Ваги, термометр	Контроль якості та безпечності сировини
2	Зберігання сировини	0...+4 °С або ≤ -18 °С	Холодильна камера	Збереження якості рибної сировини
3	Розморожування (за потреби)	2–6 °С, 8–12 год	Холодильна камера	Відновлення технологічних властивостей сировини
4	Миття	Вода, 10–15 °С	Мийна ванна	Видалення механічних забруднень
5	Філеювання та зачищення	Видалення шкіри та кісток	Обробні столи, ножі	Підготовка їстівної частини риби

6	Нарізання	Смужки товщиною 3–5 мм, шириною 1–2 см	Ножі або слайсер	Забезпечення рівномірності процесів мариновання та сушіння
7	Приготування функціональної суміші	Порошок гарбуза 3–5 %; порошок буряка 2–5 %; екстракт розмарину 0,05–0,20 %; куркумін 0,02–0,20 %	Змішувач	Формування функціональних властивостей продукту
8	Приготування маринаду	Сіль 2–4 %; цукор або мед 1–3 %; прянощі за рецептурою	Ємність із мішалкою	Формування смаку та попереднє консервування
9	Маринування	2–6 °C, 2–12 год	Маринаційна ємність	Насичення продукту смако-ароматичними речовинами
10	Видалення надлишку маринаду	10–15 хв	Решітки, стелажі	Вирівнювання вологості поверхні
11	В'ялення	20–30 °C; відносна вологість 60–70 %; 2–6 год	Камера в'ялення	Часткове зневоднення та формування смаку
12	Сушіння	45–60 °C; 6–12 год	Сушильна шафа або дегідратор	Досягнення вологості 18–25 %
13	Охолодження	20–25 °C; 30–60 хв	Охолоджувальний стіл	Стабілізація структури продукту
14	Контроль якості	Органолептичні та фізико-хімічні показники	Лабораторне обладнання	Підтвердження відповідності вимогам
15	Пакування	Вакуум або модифіковане газове середовище	Вакуумний пакувальник	Захист від окиснення та зволоження
16	Маркування	Відповідно до вимог законодавства	Маркувальне обладнання	Ідентифікація продукції

17	Зберігання	0...+20 °С; відносна вологість ≤ 75 %	Складське приміщення	Забезпечення збереження якості продукції
----	------------	--	----------------------	--

В табл. 3.2 наведено рецептуру дослідного зразка за удосконаленою технологією, в табл.3.3 наведено потенційні показники готового продукту.

Таблиця 3.2

Рецептура дослідного зразка (на 100 кг несолоного філе тилапії)

Компонент	Кількість, кг
Філе тилапії	100,0
Сіль кухонна	3,0
Цукор/мед	1,5
Порошок гарбуза	3,0
Порошок буряка	2,0
Екстракт розмарину	0,10
Куркумін	0,05
Перець чорний мелений	0,10
Вода для маринаду	10,0

Таблиця 3.3

Очікувані показники готового продукту

Показник	Значення
Масова частка води	18–25 %
Масова частка білка	45–60 %
Масова частка жиру	4–10 %
Активність води (a_w)	$\leq 0,75$
Вихід готової продукції	35–45 % від маси сировини
Термін зберігання	до 6 місяців
Енергетична цінність	280–350 ккал/100 г

На рис. 3.1 наведено схему виробництва удосконаленого продукту

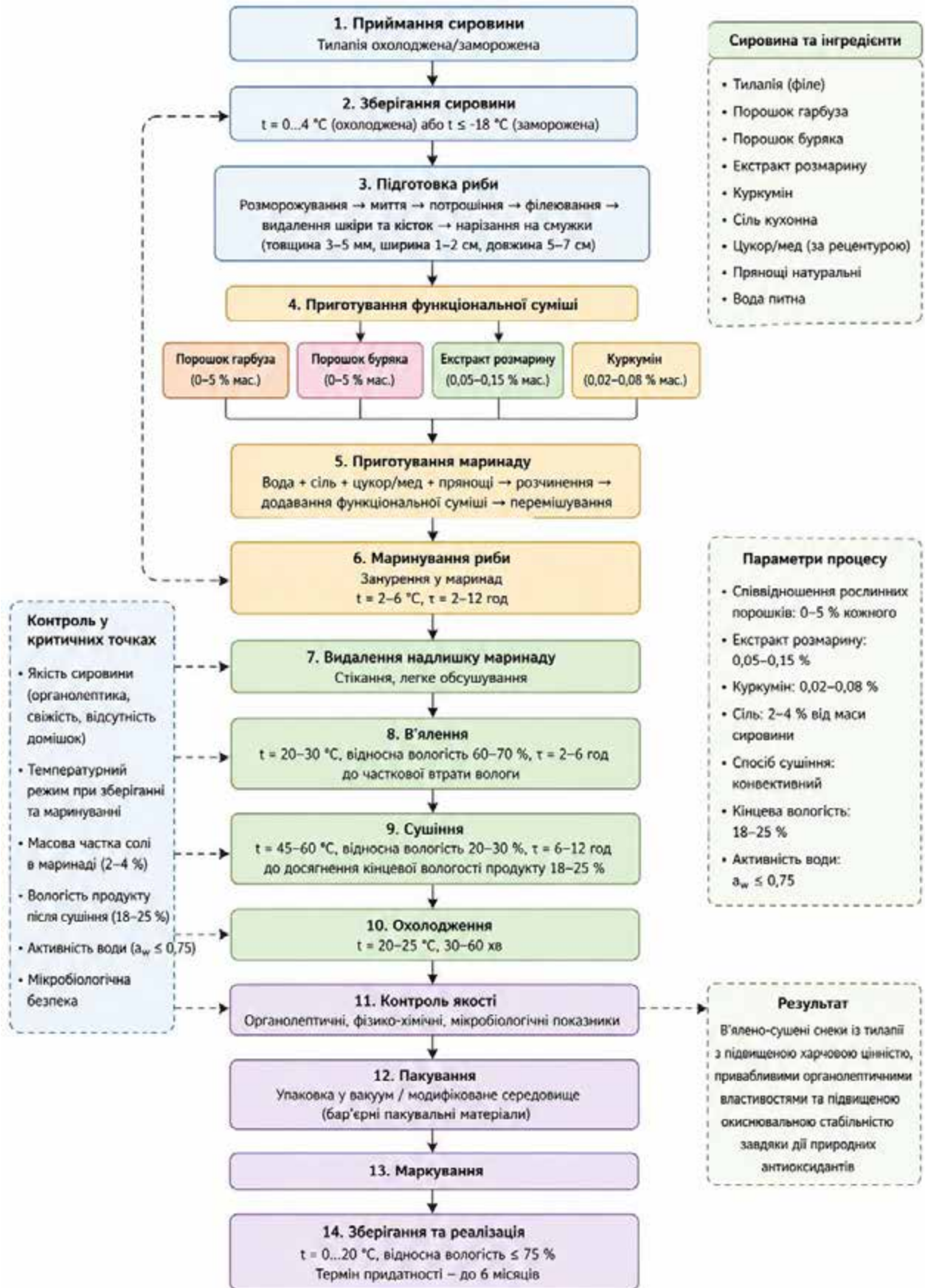


Рисунок 3.1. Схема виробництва удосконаленого продукту

3.2. Дослідження впливу технологічних параметрів на процес в'ялення та сушіння

Процеси в'ялення та сушіння є ключовими етапами технології виробництва рибних снєків, оскільки саме під час видалення вологи формується структура продукту, його органолептичні властивості, мікробіологічна стабільність та тривалість зберігання.

В основу удосконаленої технології було покладено двостадійний режим дегідратації, що включає попереднє в'ялення та подальше конвекційне сушіння. Такий підхід дає змогу забезпечити поступове видалення вологи без надмірної денатурації білків та окиснення ліпідів.

На етапі в'ялення рибні смужки витримували за температури 20–30 °C та відносній вологості повітря 60–70 %. За цих умов відбувалося часткове видалення поверхневої вологи та формування початкової структури продукту. Повільне зневоднення сприяло рівномірному розподілу солі та компонентів маринаду у товщі м'язової тканини, а також зменшувало ризик утворення щільної поверхневої кірки, яка може перешкоджати подальшому виходу вологи.

Встановлено, що використання порошку гарбуза позитивно впливало на процес в'ялення завдяки високому вмісту харчових волокон. Волокна частково зв'язували воду та забезпечували більш рівномірне її видалення під час сушіння. Це сприяло формуванню еластичної структури готового продукту та зменшенню ламкості снєків.

Порошок буряка впливав не лише на колір продукту, але й на швидкість дегідратації. Завдяки наявності пектинових речовин та клітковини спостерігалось деяке підвищення вологоутримувальної здатності системи, що потребувало ретельного контролю тривалості сушіння. Одночасно буряк забезпечував стабільне червоно-бурштинове забарвлення продукту.

Основний етап сушіння проводили за температури 45–60 °C до досягнення масової частки вологи 18–25 %. Вибір даного температурного інтервалу

обумовлений необхідністю забезпечення інтенсивного видалення вологи при максимальному збереженні харчової та біологічної цінності білків тилапії.

Підвищення температури понад 60 °C є небажаним, оскільки може призводити до надмірної денатурації міофібрилярних білків, зниження їхньої вологоутримувальної здатності та формування жорсткої структури. Крім того, високі температури прискорюють окиснення поліненасичених жирних кислот та руйнування біологічно активних речовин рослинних компонентів.

Особливе значення для стабільності якості продукту мало використання природних антиоксидантів. Екстракт розмарину містить карнозову кислоту, карнозол та розмаринову кислоту, які ефективно пригнічують вільнорадикальні процеси окиснення ліпідів. Куркумін додатково посилює антиоксидантний захист продукту, уповільнюючи накопичення первинних та вторинних продуктів окиснення жирів під час сушіння та зберігання.

Комбіноване використання розмарину та куркуміну дозволяє мінімізувати ризик розвитку прогірклого присмаку, що є особливо важливим для рибної сировини, яка містить значну кількість поліненасичених жирних кислот.

У процесі сушіння відбувалися також зміни текстурних характеристик продукту. Зі зменшенням вмісту вологи підвищувалася щільність структури та формувалася характерна для снєків пружна і помірно хрустка консистенція. Наявність рослинних порошків сприяла утворенню більш пористої структури, що позитивно впливало на споживчі властивості готового продукту.

За результатами аналізу літературних джерел та обраної технології встановлено, що оптимальними параметрами виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії є попереднє в'ялення при температурі 20–30 °C протягом 2–6 годин та подальше конвекційне сушіння при температурі 50 ± 5 °C до досягнення вологості 18–25 % та активності води не більше 0,75. Такі режими забезпечують формування якісного продукту з високими органолептичними показниками, підвищеною харчовою цінністю та достатньою мікробіологічною стабільністю.

Таблиця 3.4

Впливу кожного компонента на процес сушіння

Компонент	Вплив на процес сушіння	Вплив на готовий продукт
Порошок гарбуза	Підвищує зв'язування води	Покращує текстуру, збільшує вміст харчових волокон
Порошок буряка	Сповільнює втрату води через пектинові речовини	Формує привабливий колір, підвищує антиоксидантну цінність
Розмарин	Не впливає суттєво на швидкість сушіння	Запобігає окисненню жирів
Куркумін	Не впливає суттєво на кінетику сушіння	Підвищує антиоксидантну активність та стабільність кольору
Сіль	Прискорює осмотичне видалення води	Покращує смак та консервувальний ефект

Вплив температури сушіння на тривалість процесу та якість снєків із тилапії

Для обґрунтування оптимального режиму сушіння було проведено порівняльний аналіз трьох температурних режимів конвекційного сушіння: 45°C, 50°C та 60°C (табл. 3.5). Критеріями оцінювання були тривалість сушіння, кінцева вологість, органолептичні показники та ступінь збереження біологічно активних речовин.

Таблиця 3.5

Вплив температури сушіння на показники якості снєків

Показник	45 °C	50 °C	60 °C
Тривалість сушіння, год	11,8 ± 0,4	8,2 ± 0,3	5,9 ± 0,2
Кінцева вологість, %	24,1 ± 0,5	20,3 ± 0,4	17,2 ± 0,3
Активність води (aw)	0,79	0,72	0,65
Втрати білка, %	2,1	3,5	7,8
Зниження антиоксидантної активності, %	5,6	8,9	18,4
Загальна органолептична оцінка, балів	4,3	4,8	4,0

Отримані результати свідчать, що температура 50°C забезпечує оптимальне співвідношення між швидкістю сушіння та збереженням якості продукту. При температурі 45 °C процес сушіння є надто тривалим, тоді як при 60 °C спостерігається надмірне ущільнення структури та часткова деградація біологічно активних речовин.

В табл. 3.6 наведено вплив рослинних компонентів на кінетику сушіння.

Таблиця 3.6

Вплив рослинних компонентів на процес видалення вологи

Зразок	Склад	Час досягнення вологості 20 %, год	Активність води (aw)	Вихід готового продукту, %
Контроль	Тилапія	7,6 ± 0,3	0,70	37,4
Зразок 1	Тилапія + 5 % гарбуза	8,3 ± 0,2	0,72	40,1
Зразок 2	Тилапія + 5 % буряка	8,7 ± 0,3	0,73	41,2
Зразок 3	Гарбуз + буряк + антиоксиданти	8,5 ± 0,2	0,72	40,8
Зразок 4	Підвищений вміст антиоксидантів	8,4 ± 0,3	0,71	40,6

Внесення рослинних порошків збільшувало тривалість сушіння на 8–15 %, що пояснюється підвищенням вологоутримувальної здатності системи за рахунок клітковини та пектинових речовин. Одночасно спостерігалось підвищення виходу готової продукції на 7–10 % порівняно з контрольним зразком.

В табл. 3.7 наведено вплив антиоксидантів на удосконалений готовий продукт – снеки рибні з рослинними добавками.

Таблиця 3.7

Впливу антиоксидантів на готовий продукт

Показник після 90 діб зберігання	Контроль	Розмарин 0,1 % + куркумін 0,1 %
Пероксидне число, ммоль O ₂ /кг	9,4	4,8
TBARS, мг МДА/кг	1,12	0,58
Антиоксидантна активність DPPH, %	32,4	58,7
Органолептична оцінка, балів	3,9	4,6

Враховуючи отримані дані, можна зробити висновок, що комбіноване використання розмарину та куркуміну дозволяє знизити інтенсивність окиснення ліпідів приблизно на 45–50 %, що підтверджує доцільність їхнього використання як природних антиоксидантів у технології рибних снєків.

3.3. Оцінка органолептичних показників готового продукту

Органолептична оцінка є одним із ключових критеріїв визначення споживчої привабливості в'ялено-сушених рибних снєків, оскільки дає змогу комплексно оцінити зовнішній вигляд, колір, запах, смак та консистенцію готової продукції. Дослідження проводили методом дегустаційного аналізу із застосуванням п'ятибальної шкали оцінювання та коефіцієнтів вагомості для окремих показників.

У процесі дослідження встановлено, що внесення рослинних компонентів та природних антиоксидантів позитивно впливає на формування органолептичних характеристик снєків. Порошок гарбуза сприяв формуванню більш гармонійного смаку та покращенню консистенції, порошок буряка забезпечував привабливе забарвлення, а екстракт розмарину та куркумін формували виражений пряний аромат і сприяли стабілізації смакових характеристик під час зберігання.

Найвищі органолептичні показники були характерні для зразка з комбінованим внесенням порошку гарбуза (3 %), порошку буряка (2 %),

екстракту розмарину (0,1 %) та куркуміну (0,1 %), що свідчить про оптимальне поєднання функціональних компонентів у рецептурі (див. табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Органолептична оцінка дослідних зразків
в'ялено-сушених снєків із тилапії, балів

Показник	Контроль	Зразок 1 (5 % гарбуза)	Зразок 2 (5 % буряка)	Зразок 3 (3 % гарбуза + 2 % буряка + 0,1 % розмарину + 0,1 % куркуміну)	Зразок 4 (3 % гарбуза + 2 % буряка + 0,2 % розмарину + 0,2 % куркуміну)
Зовнішній вигляд	4,3	4,5	4,6	4,9	4,8
Колір	4,1	4,4	4,8	4,9	4,8
Запах	4,2	4,4	4,3	4,8	4,6
Смак	4,2	4,6	4,4	4,9	4,5
Консистенція	4,5	4,8	4,6	4,9	4,7
Середній бал	4,26	4,54	4,54	4,88	4,68

Отримані результати свідчать про покращення всіх органолептичних показників дослідних зразків порівняно з контролем. Найбільше зростання спостерігалось за показниками кольору та смаку, що обумовлено використанням порошку буряка, куркуміну та рослинних компонентів.

Зразок 3 отримав найвищу середню дегустаційну оцінку – 4,88 бала, що на 14,6 % перевищувало показник контрольного зразка. Встановлено, що саме таке співвідношення рослинних порошків та антиоксидантів забезпечує найбільш гармонійне поєднання смакових, ароматичних та текстурних характеристик.

Для зразка 4 спостерігалось незначне зниження оцінки смаку та запаху порівняно із зразком 3. Це можна пояснити надмірною інтенсивністю прямих нот розмарину та куркуміну при збільшенні їх концентрації до 0,2 %, що частково маскувало природний смак рибної сировини.

Таким чином, за результатами органолептичного аналізу оптимальною рецептурою було визначено зразок 3, який характеризувався найкращими показниками зовнішнього вигляду, кольору, смаку, запаху та консистенції серед усіх досліджуваних варіантів.

Поміж усіх дослідних рецептур найкращі органолептичні показники продемонстрував зразок №3 (гарбуз 3 % + буряк 2 % + розмарин 0,1 % + куркумін 0,1 %). Саме цей зразок надалі доцільно використовувати як оптимальний для аналізу фізико-хімічних показників та харчової цінності.

3.4. Дослідження фізико-хімічних показників в'ялено-сушеної риби

Визначення фізико-хімічних показників в'ялено-сушених снєків із тилапії, збагачених рослинними порошками (буряк, гарбуз) та природними антиоксидантами (екстракт розмарину, куркумін), здійснювали із застосуванням стандартних, арбітражних та інструментальних методів аналізу. Отримані результати дали змогу комплексно оцінити нутритивну цінність, структурні властивості та окиснювальну стабільність продукту.

Фізико-хімічні показники є важливими критеріями оцінювання якості та безпечності в'ялено-сушених рибних снєків, оскільки характеризують їх харчову цінність, стабільність під час зберігання та відповідність технологічним вимогам.

У ході дослідження визначали масову частку вологи, білка, жиру, золи, активність води та показники окиснювальної стабільності ліпідів. Отримані результати наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Фізико-хімічні показники дослідних зразків в'ялено-сушених снєків із тилапії

Показник	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Волога, %	20,1 ± 0,4	21,4 ± 0,5	21,8 ± 0,4	20,8 ± 0,3	20,6 ± 0,4
Активність води (aw)	0,70	0,72	0,73	0,72	0,71
Білок, %	54,2 ± 0,8	53,1 ± 0,7	52,8 ± 0,8	53,5 ± 0,6	53,4 ± 0,7

Жир, %	$8,2 \pm 0,3$	$8,0 \pm 0,2$	$7,9 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,2$
Зола, %	$5,4 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,2$
Вуглеводи*, %	12,1	11,7	11,4	11,4	11,6

**Розраховано різницевим методом.*

Отримані результати свідчать, що всі дослідні зразки відповідали вимогам до в'ялено-сушених рибних снєків за вмістом води та активністю води. Значення a_w перебували в межах 0,70–0,73, що забезпечує високу мікробіологічну стабільність продукту.

Збільшення вмісту рослинних порошків супроводжувалося незначним підвищенням вмісту води, що пояснюється високою водоутримувальною здатністю харчових волокон гарбуза та буряка. Водночас отримані значення залишалися в межах технологічно допустимого рівня.

Вміст білка у всіх зразках залишався високим та перевищував 52 %, що підтверджує значну харчову цінність продукту. Незначне зниження масової частки білка у дослідних зразках порівняно з контролем пояснюється заміщенням частини рибної сировини рослинними компонентами.

Підвищення вмісту золи у дослідних зразках свідчить про додаткове надходження мінеральних речовин із порошків гарбуза та буряка.

Особливу увагу було приділено дослідженню окиснювальної стабільності ліпідів, оскільки рибна сировина містить значну кількість поліненасичених жирних кислот (див. табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Показники окиснювальної стабільності ліпідів після 90 діб зберігання

Показник	Контроль	Зразок 3
Пероксидне число, ммоль O_2 /кг	$9,4 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,2$
TBARS, мг МДА/кг	$1,12 \pm 0,05$	$0,58 \pm 0,03$
Антиоксидантна активність DPPH, %	$32,4 \pm 1,2$	$58,7 \pm 1,4$

Встановлено, що внесення екстракту розмарину та куркуміну сприяло істотному уповільненню процесів окиснення ліпідів. Пероксидне число у зразку 3 було на 48,9 % нижчим порівняно з контролем, а вміст вторинних продуктів окиснення (TBARS) зменшився майже вдвічі.

Висока антиоксидантна активність оптимального зразка підтверджує ефективність використання природних антиоксидантів для стабілізації ліпідного комплексу тилації та підвищення терміну зберігання готової продукції.

Таким чином, за сукупністю фізико-хімічних показників найкращі результати продемонстрував зразок 3, який поєднував високий вміст білка, достатню мікробіологічну стабільність, підвищений рівень мінеральних речовин та найкращу окиснювальну стійкість.

Порівняння контрольного зразка та оптимального зразка за удосконаленою технологією наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Узагальнююча таблиця переваг оптимального зразка

Показник	Контроль	Оптимальний зразок №3	Зміна
Волога, %	20,1	20,8	+0,7
Білок, %	54,2	53,5	-1,3
Зола, %	5,4	6,3	+16,7 %
Активність води	0,70	0,72	у межах норми
Пероксидне число	9,4	4,8	-48,9 %
TBARS	1,12	0,58	-48,2 %
DPPH	32,4	58,7	+81,2 %

3.5. Аналіз харчової та біологічної цінності удосконаленого продукту

Одним із основних критеріїв оцінювання ефективності удосконалення технології в'ялено-сушених снєків є визначення їхньої харчової та біологічної цінності. Включення до рецептури порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну спрямоване не лише на покращення органолептичних

показників та окиснювальної стабільності, але й на підвищення нутритивної цінності готового продукту.

На основі результатів фізико-хімічних досліджень було розраховано харчову та енергетичну цінність контрольного та оптимального дослідного зразка (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Харчова цінність в'ялено-сушених снеків із тилапії (на 100 г продукту)

Показник	Контроль	Зразок 3
Білки, г	54,2	53,5
Жири, г	8,2	8,0
Вуглеводи, г	12,1	11,4
Харчові волокна, г	0,3	3,2
Зола, г	5,4	6,3
Вміст води, г	20,1	20,8

Отримані результати свідчать, що додавання порошків гарбуза та буряка дозволило збільшити вміст харчових волокон більш ніж у 10 разів порівняно з контрольным зразком. Це підвищує фізіологічну цінність продукту та розширює можливості його використання у функціональному харчуванні.

Вміст білка у дослідному зразку залишався на високому рівні та становив 53,5 г/100 г продукту, що дозволяє віднести розроблені снеки до високобілкових харчових продуктів (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Енергетична цінність дослідних зразків

Показник	Контроль	Зразок 3
Білки, г	54,2	53,5
Жири, г	8,2	8,0
Вуглеводи, г	12,1	11,4
Енергетична цінність, ккал/100 г	338,6	330,4

Енергетичну цінність розраховували за коефіцієнтами Етуотера. Незважаючи на введення рослинних компонентів, калорійність продукту залишалася високою та становила понад 330 ккал на 100 г, що робить його перспективним для використання як поживний білковий перекус.

Особливий інтерес становила оцінка забезпечення добової потреби людини у поживних речовинах (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Ступінь задоволення добової потреби дорослої людини
при споживанні 50 г снєків

Показник	Вміст у порції 50 г	Добова потреба*	Забезпечення, %
Білок	26,8 г	75 г	35,7
Харчові волокна	1,6 г	25 г	6,4
Залізо	1,8 мг	14 мг	12,9
Магній	28 мг	400 мг	7,0
Калій	420 мг	3500 мг	12,0

*Відповідно до рекомендацій ВООЗ та EFSA.

Отримані результати підтверджують, що навіть невелика порція снєків здатна забезпечувати понад третину добової потреби людини у білку та є додатковим джерелом харчових волокон і мінеральних речовин.

Біологічна цінність продукту визначається насамперед амінокислотним складом білків тилапії. Встановлено, що білок рибної сировини містить усі незамінні амінокислоти у кількостях, близьких до рекомендованих ФАО/ВООЗ. Лімітуючих амінокислот не виявлено (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Вміст окремих біологічно активних компонентів у контрольному
та дослідному зразках

Показник	Контроль	Зразок 3
----------	----------	----------

Загальна антиоксидантна активність (DPPH), %	32,4	58,7
Поліфенольні сполуки, мг ГКЕ/100 г	28,5	74,2
Каротиноїди, мг/100 г	0,4	3,8
Беталаїни, мг/100 г	сліди	12,6

Підвищення антиоксидантної активності на 81,2 % порівняно з контролем свідчить про ефективність використання порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну для формування функціональних властивостей продукту.

Таким чином, удосконалена рецептура в'ялено-сушених снєків із тилапії характеризується високим вмістом повноцінного білка, підвищеним рівнем харчових волокон, мінеральних речовин та антиоксидантів. Найкращі результати отримано для зразка 3, який поєднував високі органолептичні показники, фізико-хімічну стабільність та покращену харчову і біологічну цінність.

За сукупністю показників зразок №3 перевершував контрольний продукт за вмістом харчових волокон у 10,7 раза, антиоксидантною активністю на 81,2 %, поліфенольними сполуками у 2,6 раза та каротиноїдами у 9,5 раза. При цьому високий вміст білка (53,5 %) та помірна енергетична цінність (330,4 ккал/100 г) дозволяють розглядати розроблений продукт як функціональний високобілковий снєк підвищеної біологічної цінності.

Висновки до розділу 3

У результаті проведених досліджень було розроблено удосконалену технологію виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії з використанням порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну. Запропонована технологічна схема передбачає підготовку рибної сировини, маринування з функціональними компонентами, в'ялення, сушіння, охолодження та пакування, що забезпечує отримання продукту підвищеної харчової цінності та стабільної якості.

Встановлено, що найбільш раціональним режимом виробництва є попереднє в'ялення за температури 20–30 °C з подальшим сушінням за температури 50 ± 5 °C до досягнення кінцевої вологості 18–25 % та активності води не більше 0,75. Такі параметри забезпечують оптимальне поєднання швидкості дегідратації, збереження білків та біологічно активних речовин, а також належні показники безпечності продукції.

За результатами органолептичного оцінювання найкращі показники отримав зразок із вмістом порошку гарбуза 3 %, порошку буряка 2 %, екстракту розмарину 0,1 % та куркуміну 0,1 %. Загальна дегустаційна оцінка цього зразка становила 4,88 бала, що на 14,6 % перевищувало показник контрольного зразка.

Фізико-хімічними дослідженнями встановлено, що розроблені снєки характеризуються високим вмістом білка (53,5 %), оптимальною вологістю (20,8 %), активністю води 0,72 та підвищеним вмістом мінеральних речовин. Використання природних антиоксидантів дозволило знизити пероксидне число на 48,9 % та зменшити накопичення вторинних продуктів окиснення майже вдвічі порівняно з контрольним зразком.

Аналіз харчової та біологічної цінності показав, що внесення рослинних компонентів сприяло збільшенню вмісту харчових волокон до 3,2 г/100 г продукту, підвищенню антиоксидантної активності до 58,7 % та збагаченню снєків біологічно активними сполуками рослинного походження. Розроблений продукт характеризується високою білковою цінністю, збалансованим

нутрієнтним складом та може бути віднесений до функціональних харчових продуктів підвищеної біологічної цінності.

Таким чином, використання порошку гарбуза, порошку буряка, екстракту розмарину та куркуміну у технології в'ялено-сушених снєків із тилапії є технологічно доцільним і дозволяє отримати конкурентоспроможний продукт із покращеними органолептичними властивостями, високою харчовою цінністю та підвищеною окиснювальною стабільністю.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу наукової літератури встановлено, що в'ялено-сушена риба є перспективною сировиною для виробництва високобілкових снєків функціонального призначення. Водночас актуальним напрямом удосконалення таких продуктів є підвищення їх нутритивної цінності та окиснювальної стабільності шляхом використання рослинних компонентів і природних антиоксидантів.

Обґрунтовано вибір тилапії як основної сировини для виробництва снєків завдяки високому вмісту повноцінного білка, добрим технологічним властивостям та низькому вмісту сполучної тканини. Для збагачення продукту використано порошок гарбуза та порошок буряка, а для підвищення окиснювальної стабільності – екстракт розмарину та куркумін.

Розроблено удосконалену технологічну схему виробництва в'ялено-сушених снєків із тилапії, яка включає підготовку сировини, маринування з функціональними компонентами, в'ялення, сушіння, охолодження та пакування. Запропонована технологія забезпечує отримання продукту зі стабільними показниками якості та безпечності.

Встановлено оптимальні технологічні параметри виробництва: попереднє в'ялення при температурі 20–30 °C та подальше сушіння при температурі $50 \pm 5^\circ\text{C}$ до досягнення кінцевої вологості 18–25 % та активності води не більше 0,75. Зазначені режими забезпечують оптимальне поєднання швидкості дегідратації, збереження харчової цінності та формування необхідної структури готового продукту.

За результатами органолептичного оцінювання найкращі показники отримав дослідний зразок із вмістом порошку гарбуза 3 %, порошку буряка 2 %, екстракту розмарину 0,1 % та куркуміну 0,1 %. Загальна дегустаційна оцінка даного зразка становила 4,88 бала та перевищувала показник контрольного зразка на 14,6 %.

Встановлено, що удосконалений продукт характеризується високим вмістом білка (53,5 %), оптимальною вологістю (20,8 %), активністю води 0,72

та підвищеним вмістом мінеральних речовин (6,3 % золи). Отримані значення відповідають вимогам до в'ялено-сушених рибних продуктів та забезпечують їх належну мікробіологічну стабільність.

Доведено ефективність використання природних антиоксидантів у технології рибних снєків. Внесення екстракту розмарину та куркуміну дозволило знизити пероксидне число на 48,9 %, зменшити вміст вторинних продуктів окиснення ліпідів (TBARS) на 48,2 % та підвищити антиоксидантну активність продукту до 58,7 %.

Встановлено, що використання порошоків гарбуза та буряка сприяє підвищенню харчової цінності продукту. Вміст харчових волокон у розроблених снєках досягав 3,2 г/100 г, що більш ніж у 10 разів перевищувало показник контрольного зразка. Крім того, продукт характеризувався підвищеним вмістом поліфенольних сполук, каротиноїдів та природних антиоксидантів.

Розраховано, що порція розроблених снєків масою 50 г забезпечує близько 35,7 % добової потреби дорослої людини у білку, що підтверджує доцільність використання продукту як високобілкового функціонального перекусу.

За сукупністю органолептичних, фізико-хімічних та нутриціологічних показників оптимальною визначено рецептуру, що містить порошок гарбуза 3 %, порошок буряка 2 %, екстракт розмарину 0,1 % та куркумін 0,1 %.

Запропонована технологія дозволяє отримати конкурентоспроможний продукт підвищеної харчової та біологічної цінності з покращеними показниками якості та безпечності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Almine, N. (2023). Understanding dried fish value chain and marketing strategy during COVID-19 pandemic: a case study from Thailand (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).

Asaduzzaman, M., Akter, M. S., & Rahman, M. (2025). Enhancing nutritional value and quality of cookies through pumpkin peel and seed powder fortification. *Plos one*, 20(2), e0307506.

Aziz, A. N., Ejaz, A., Faiz ul Rasool, I., Maham, & Uddin, J. (2023). Pumpkin and pumpkin byproducts: Phytochemical constitutes, food application and health benefits. *ACS omega*, 8(26), 23346-23357.

Baishak, N. N., Islam, M. R., Moazzem, M. S., Ahmad, I., & Zzaman, W. (2020). Quality evaluation of nutritious fish crackers developed from three carp fish species. *Asian Food Science Journal*, 17(1), 15-23.

Bampi, M., Schmidt, F. C., & Laurindo, J. B. (2019). A fast drying method for the production of salted-and-dried meat. *Food Science and Technology*, 39, 526-534.

Bantle, M., & Hanssler, J. (2013). Ultrasonic Convective Drying Kinetics of Clifish During the Initial Drying Period. *Dry. Technol*, 31, 1307–1316.

Batool, M., Ranjha, M. M., Roobab, U., Manzoor, M. F., Farooq, U., Nadeem, H. R., & Ibrahim, S. A. (2022). Nutritional value, phytochemical potential, and therapeutic benefits of pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Plants*, 11(11), 1394.

Brás, A., & Costa, R. (2010). Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species. *J. Food Eng*, 100, 490–495.

Brennan, C. B. (2011). Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. *Trends Food Sci. Technol*. 22(10): 570-575.

Brzezińska-Rojek, J., Sagatovych, S., Malinowska, P., Gadaj, K., Prokopowicz, M., & Grembecka, M. (2023). Antioxidant capacity, nitrite and nitrate content in beetroot-based dietary supplements. *Foods*, 12(5), 1017.

Carneiro, C., Mársico, E., Ribeiro, R., Conte-Júnior, C., Mano, S., Augusto, C., & Oliveira de Jesus, E. (2016). Low-Field Nuclear Magnetic Resonance (LF NMR ¹H)

to assess the mobility of water during storage of salted fish (*Sardinella brasiliensis*). *J. Food Eng*, 169, 321–325.

Caurie, M. (2011). Bound water: Its definition, estimation and characteristics. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46, 930–934.

Cerrato, A., Capriotti, A., Capuano, F., Cavaliere, C., Montone, A., Montone, C., . . . Lagana, A. (2020). Identification and Antimicrobial Activity of Medium-Sized and Short Peptides from Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Simulated Gastrointestinal Digestion. *Foods*, 9, 1185.

Choi, S., Puligundla, P., & Mok, C. (2016). Microbial Decontamination of Dried Alaska Pollock Shreds Using Corona Discharge Plasma Jet: Effects on Physicochemical and Sensory Characteristics. *J. Food Sci.*, 81, M952–M957.

Cousins, M., Adelberg, J., Chen, F., & Rieck, J. (2007). Antioxidant capacity of fresh and dried rhizomes from four clones of turmeric (*Curcuma longa* L.) grown in vitro. *Industrial crops and products*, 25(2), 129-135.

Da Silva Afonso, M., & Sant'Ana, L. S. (2008). Effects of pretreatment with rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in the prevention of lipid oxidation in salted tilapia fillets. *Journal of food quality*, 31(5), 586-595.

Deng, Y., Wang, Y., Deng, Q., Sun, L., Wang, R., Ye, L., Gooneratne, R. (2021). Fungal diversity and mycotoxin contamination in dried fish products in Zhanjiang market, China. *Food Control*, 121, 107614.

Doe, K., Dali, F., & Harmain, R. (2020). Evaluating the protein and fat content of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the smoking process of arabushi. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci*, 404, 012052.

El-Beltagi, H. S., El-Mogy, M. M., Parmar, A., Mansour, A. T., Shalaby, T. A., & Ali, M. R. (2022). Phytochemical characterization and utilization of dried red beetroot (*Beta vulgaris*) peel extract in maintaining the quality of Nile Tilapia fish fillet. *Antioxidants*, 11(5), 906.

Farid, F., Latifa, G., Chakraborty, S., Nahid, M., & Begum, M. (2016). Effect of ripening period of dry salting process in three freshwater fish species of Bangladesh. *Int. J. Adv. Sci. Res*, 1, 16–21.

Fasludeen, N., Murali, S., Samuel, M., Ninan, G., & Joshy, C. (2017). Evaluation of drying characteristics of selected fishes in dryers developed by ICAR-CIFT. *Fish. Technol*, 55, 68–73.

Fawole, O. A., Ogundiran, M. F., Ayandiran, T. O., & Olagunju. (2000). Proximate and mineral composition in some selected fresh water fishes in Nigeria, *Internet Journal of Food Safety*, 9: 52–55.

Fernandes, M. G., Cervi, C. B., Aparecida de Carvalho, R., & Lapa-Guimarães, J. (2017). Evaluation of turmeric extract as an antioxidant for frozen streaked prochilod (*Prochilodus lineatus*) fillets. *Journal of aquatic food product technology*, 26(9), 1057-1069.

Fitri, N., Chan, S. X., Che Lah, N. H., Jam, F. A., Misnan, N. M., Kamal, N., Abas, F. (2022). A Comprehensive Review on the Processing of Dried Fish and the Associated Chemical and Nutritional Changes. *Foods*, 11(19), 2938. <https://doi.org/10.3390/foods11192938>.

Freire, F., & da Rocha, M. (2016). Impact of Mycotoxins on Human Health. In *Fungal Metabolites*; Mérillon, J.-M., Ramawat, K.G., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland; pp. 1–23.

Ganesan, P., Rathnakumar, K., Nicy, B. A., & Vijayarahavan, V. (2017). Improvement of nutritional value of extruded snack product by incorporation of blanched dried fish powder from sardine and Lizard fish and selection by organoleptic evaluation. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 2552–2554.

Gavril, R. N., Stoica, F., Lipşa, F. D., Constantin, O. E., Stănciuc, N., Aprodu, I., & Râpeanu, G. (2024). Pumpkin and pumpkin by-products: A comprehensive overview of phytochemicals, extraction, health benefits, and food applications. *Foods*, 13(17), 2694.

George, C., & Ravishankar, C. (2022). Effect of Extrusion Processing Parameters on Physical and Nutritional Properties of Fish Based Snack—A Review. *Fishery Technology*, 59, 225-237.

Godoy, L. C., Franco, M. L., Franco, N. D., Silva, A. F., Assis, M. F., Souza, N. E., & Visentainer, J. V. (2010). Análise sensorial de caldos e canjase laborados com

farinha de carcaças de peixedefumadas: aplicaçãona merenda escolar. Food Sci. Technol. 30: 86-89.

Heikal, Z., Limam, S. A., Omer, M. B., Mostafa, B., & Khalifa, A. H. (2025). Preparation and Evaluation of Catfish Sausage Quality as Affected by Beetroot or Tomato Paste Powders Addition During Frozen Storage. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 56(5), 180-201.

Hosen, M. R., Islam, M. S., Jaman, A. U., Hasan, S., & Rahman, M. M. (2022). Use of Tomato, Carrot, and Beetroot Powder as Fish Feed Additive and Their Effects on Growth, Carotenoid Deposition, Muscle Composition, and Palatability of *Barbonymus Gonionotus* (Silver Barb).

Hossain, I., Shikha, F. H., Sweetey, U. H., Binti, N. T., Jahan, M. P., & Hasan, M. M. (2024). Nutritional Stability and Sensory Quality of Fish Chips Made from Recovered Thai Pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) Mince During Extended Storage. Fishery Technology, 61(3), 135.

Hu, L., Ren, S., Shen, Q., Chen, J., Ye, X., & Ling, J. (2017). Proteomic study of the effect of different cooking methods on protein oxidation in fish fillets. RSC Adv, 7, 27496–27505.

Huang, B.-B., Lin, H.-C., & Chang, Y.-W. (2015). Analysis of proteins and potential bioactive peptides from tilapia (*Oreochromis spp.*) processing co-products using proteomic techniques coupled with BIOPEP database. J. Funct. Foods, 19, 629–640.

Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A. H., Jamil, M. A., & Zerlasht, M. (2022). Utilization of pumpkin, pumpkin powders, extracts, isolates, purified bioactives and pumpkin based functional food products: A key strategy to improve health in current post COVID 19 period: An updated review. Applied Food Research, 2(2), 100241.

Ileogben, T. A., Oginni, O., & Akinrolabu, O. (2018). Evaluation of the Sensory and Economic Indices of *Sarotherodon galilaeus* Snack Treated with *Ocimum gratissimum*, *Vernonia amygdalina* and Mixture of Both *Ocimum gratissimum* and *Vernonia amygdalina* Extracts. International Journal of Aquaculture, 8.

Immaculate, J., Sinduja, P., & Jamila, P. (2012). Biochemical and microbial qualities of *Sardinella fimbriata* sun dried in different methods. *Int. Food Res. J.*, 19, 1699–1703.

Ishak, N., & Sarbon, N. (2018). A review of protein hydrolysates and bioactive peptides deriving from wastes generated by fish processing. *Food Bioprocess Technol.*, 11, 2–16.

Jakubczyk, K., Drużga, A., Katarzyna, J., & Skonieczna-Żydecka, K. (2020). Antioxidant potential of curcumin—A meta-analysis of randomized clinical trials. *Antioxidants*, 9(11), 1092. JAKUBCZYK, Karolina, et al. Antioxidant potential of curcumin—A meta-analysis of randomized clinical trials. *Antioxidants*, 2020, 9.11: 1092.

Jangam, S. V. (2011). An overview of recent developments and some R&D challenges related to drying of foods. *Drying Technology*, 29(12), 1343-1357. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2011.594378>.

Jeyakumari, A., Rahul Das, M., Bindu, J., Joshy, C., & Zynudheen, A. (2016). Optimisation and comparative study on the addition of shrimp protein hydrolysate and shrimp powder on physicochemical properties of extruded snack. *Int. J. Food Sci. Technol*, 51, 1578–1585.

Kasumyan, A., & Doving, K. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish Fish.*, 4, 289–347.

Kim, B., Oh, B., Lee, J., Yoon, Y., & Lee, H. (2020). Effects of Various Drying Methods on Physicochemical Characteristics and Textural Features of Yellow Croaker (*Larimichthys Polyactis*). *Foods*, 9, 196.

Komolafe, C., Oluwaleye, I., Adejumo, A., & Oladapo, M. (2019). Effects of drying Temperatures on the Quality of Three Tilapia Fish Species. *Int. J. Sci. Res. Manag*, 1, 371–375.

Lee, J., & Surh, J. (2022). Effect of various cooking methods on the antioxidant activity and the oxidative stability of fish balls made with the addition of turmeric powder.

Lee, J., & Surh, J. (2024). Optimizing oxidative stability and quality in fish balls: the synergistic effects of cooking methods and turmeric powder addition. *Food Science and Biotechnology*, 33(8), 1975-1983.

Li, C., Fang, A., Ma, W., Wu, S., Li, C., Chen, Y., & Zhu, H. (2019). Amount Rather than Animal vs. Plant Protein Intake Is Associated with Skeletal Muscle Mass in Community-Dwelling Middle-Aged and Older Chinese Adults: Results from the Guangzhou Nutrition and Health Study. *J. Acad. Nutr. Diet.*, 119, 1501–1510.

Li, Y. C., Zhu, D. Y., & Jin, L. Q. (2005). Preparation and analysis of collagen polypeptide from hides by enzymes. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 89, 103–106.

Lima, M. D., Mujica, P. I., & Lima, A. M. (2012). Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). *Braz. J. Food Technol.* 15: 41-46.

Lin, H., Alashi, A., Aluko, R., Sun Pan, B., & Chang, Y. (2017). Antihypertensive properties of tilapia (*Oreochromis spp.*) frame and skin enzymatic protein hydrolysates. *Food Nutr. Res.*, 61, 1391666.

Liu, F., Dong, X., Shen, S., Shi, Y., OU, Y., Cai, W., Zhu, B. (2021). Changes in the digestion properties and protein conformation of sturgeon myofibrillar protein treated by low temperature vacuum heating during in vitro digestion. *Food Funct.*, 12, 6981–6991.

Manoli, T., Nikitchina, T., Tkachenko, O., Kameneva, N., Barysheva, Y., Myroshnichenko, O., & Titlova, O. (2022). Application of sensor analysis methodology in fish snacks technology for express bars with regulated histamine content. *Technology audit and production reserves*, 6(3 (68)), 29–35.

Monteiro, M., Mársico, E., Deliza, R., Castro, V., Mutz, Y., Soares Junior, M., . . . Conte-Junior, C. (2019). Physicochemical and sensory characteristics of pasta enriched with fish (*Oreochromis niloticus*) waste flour. *LWT*, 111, 751–758.

Monteiro, M., Mársico, E., Lázaro, C., Ribeiro, R., Jesus, R., & Conte-Júnior, C. (2014). Flours and Instant Soup from Tilapia Wastes as Healthy Alternatives to the Food Industry. *Food Sci. Technol. Res.*, 20, 571–581.

Monteiro, M., Marsico, E., Soares, M., Magalhaes, A., Canto, A., Costa-Lima, B., Conte, C. (2016). Nutritional Profile and Chemical Stability of Pasta Fortified with Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Flour. PLoS ONE, 11, e0168270.

Nagwekar, N., Tidke, V., & Thorat, B. (2017). Microbial and biochemical analysis of dried fish and comparative study using different drying methods. Dry. Technol, 35, 1481–1491.

Nahla, T. K., Wisam, S. U., & Tariq, N. M. (2018). Antioxidant activities of beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. Pakistan Journal of Nutrition, 17(10), 500-505.

Nawaz, A., Khalifa, I., Walayat, N., Lorenzo, J. M., Irshad, S., Abdullah, Li, E. (2021). Whole Fish Powder Snacks: Evaluation of Structural, Textural, Pasting, and Water Distribution Properties. Sustainability, 13(11), 6010. <https://doi.org/10.3390/su13116010>.

Nawaz, A., Xiong, Z., Xiong, H., Chen, L., Wang, P.-k., Ahmad, I., Ali, S. (2019). The effects of fish meat and fish bone addition on nutritional value, texture and microstructure of optimised fried snacks. Int. J. Food Sci. Technol, 54, 1045–1053.

Nuwanthi, S., Madage, S., Hewajulige, I., & Wijesekera, R. (2016). Comparative Study on Organoleptic, Microbiological and Chemical Qualities of Dried Fish, Goldstripe Sardinella(*Sardinella Gibbosa*) with Low Salt Levels and Spices. Procedia Food Sci, 6, 356–361.

Oku, I., & Amakoromo, E. (2013). Microflora of fresh and smoke-dried fish in Yenagoa metropolis, Nigeria. Afr. J. Microbiol. Res, 7, 4451–4456.

Olayemi, F., Adedayo, M., Bamishaiye, E., & Awagu, E. (2011). Proximate composition of catfish (*Clarias gariepinus*) smoked in Nigerian stored products research institute (NSPRI) developed kiln, International Journal of Fisheries and Aquaculture, 3(5): 96–98.

Ozogul, Y., Ayas, D., Yazgan, H., Ozogul, F., Boga, E. K., & Ozyurt, G. (2010). The capability of rosemary extract in preventing oxidation of fish lipid. International Journal of Food Science and Technology, 45(8), 1717–1723.

Palamarchuk, A. P. (2025). Developing functional fish-plant snacks with improved lipid composition and physicochemical properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4.

Patterson, J., & Ranjitha, G. (2009). Qualities of commercially and experimentally sun dried fin fish, *Scomberoides tol*. *Afr. J. Food Sci*, 3, 299–302.

Paul, P., Reza, M., Islam, M., & Kamal, M. (2018). A review on dried fish processing and marketing in the coastal region of Bangladesh. *Res. Agric. Livest. Fish*, 5, 381–390.

Pourashouri, P., Shabanpour, B., Abad, Z. N., & Zahiri, S. (2016). Antioxidant effects of wild pistacia (*P. atlantica*), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and green tea extracts on the lipid oxidation rate of fish oil-in-water emulsions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(3), 729-737.

Praveen Kumar, G., Martin Xavier, K., Nayak, B., Kumar, H., Venkateshwarlu, G., & Balange, A. (2017). Effect of Different Drying Methods on the Quality Characteristics of *Pangasius hypophthalmus*. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 6, 184–195.

Shang, Y. J., Jin, X. L., Shang, X. L., Tang, J. J., Liu, G. Y., Dai, F., & Zhou, B. (2010). Antioxidant capacity of curcumin-directed analogues: Structure–activity relationship and influence of microenvironment. *Food Chemistry*, 119(4), 1435-1442.

Sivaraman, G., & Siva, V. (2015). Microbiological spoilage of dried fishes. *SSRN Electron. J.*, 38, 508–536.

Starostenko, B., Nechepurenko, K., Horbenko, H., Zolotukhina, O., Zorya, R., & Trubchanin, A. (2020). Technology of fish snacks based on minced fish using a protein supplement for prevention of chronic gastrointestinal diseases. *ScienceRise*, (3 (68)), 3–9.

Syamaladevi, R., Tang, J., Villa-Rojas, R., Sablani, S., Carter, B., & Campbell, G. (2016). Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 15, 353–370.

Tejano, L., Peralta, J., Yap, E., Panjaitan, F., & Chang, Y. (2019). Prediction of Bioactive Peptides from *Chlorella sorokiniana* Proteins Using Proteomic Techniques in Combination with Bioinformatics Analyses. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 1786.

Tsironi, T., & Taoukis, P. (2014). Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish filets. *J. Food Eng.*, 123, 188–192.

Ullah, N., Hazarika, P., & Handique, P. (2016). Biochemical Quality Assessment of Ten Selected Dried Fish Species of North East India. *Iarjset*, 3, 30–33.

Vareltzis, K., Koufidis, D., Gavriilidou, E., Papavergou, E., & Vasiliadou, S. (1997). Effectiveness of a natural rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 205(2), 93–96.

Vasconcellos, J., Conte-Junior, C., Silva, D., Pierucci, A. P., Paschoalin, V., & Alvares, T. S. (2016). Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 79-84. .

Wang, J. H. (2020). Conjugated Fatty Acids in Muscle Food Products and Their Potential Health Benefits: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68 (47), 13530–13540. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05759>.

Wang, Y. Z., Fu, S. G., Wang, S. Y., Yang, D. J., Wu, Y. H., & Chen, Y. C. (2018). Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant-derived omega-3 fatty-acid rich oil. *Lwt*, 89, 210-216.

Yanar, Y. (2007). Quality changes of hot smoked catfish (*Clarias gariepinus*) during refrigerated storage, *Journal of Muscle Foods*, 18: 391–400.

Yin, Y., Zhou, L., Pereira, J., Zhang, J., & Zhang, W. (2020). Insights into Digestibility and Peptide Profiling of Beef Muscle Proteins with Different Cooking Methods. *J. Agric. Food Chem*, 68, 14243–14251.

Yu, T., Morton, J., Clerens, S., & Dyer, J. (2017). Cooking-induced protein modifications in meat. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 16, 141–159.

Yusuf, M., Nur Fitriani, U. A., & Syahriati. (2021). Physicochemical, nutritional, and color characteristic of nori snack from snakehead fish (*Ophiocephalus striatus*), *Eucheuma cottonii*, and *Gracilaria* sp. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 819, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.

Zarubin, N. Y., Strokova, N. G., Roshchina, A. N., Bredikhina, O. V., & Ignatova, T. A. (2020). High-protein sublimated fish and vegetable based snacks. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 548, No. 8, p. 082095). IOP Publishing.

Zhou, H., Vu, G., & McClements, D. (2022). Formulation and characterization of plant-based egg white analogs using RuBisCO protein. *Food Chem.*, 397, 133808.

Zięć, G., Michalski, O., Konieczna-Molenda, A., Dera, T., & Tkaczewska, J. (2025). Nutritional Value, Health Properties, Safety Considerations, and Consumer Acceptance of Lemnoideae as Human Food. *Nutrients*, 17(18), 3026. <https://doi.org/10.3390/nu17183026>.

Zulaikha, Y., Yao, S.-H., & Chang, Y.-W. (2021). Physicochemical and Functional Properties of Snack Bars Enriched with Tilapia (*Oreochromis niloticus*) By-product Powders. *Foods*, 10(8), 1908. <https://doi.org/10.3390/foods10081908>.