

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 641.887:641.51:613.292:546.15

**ПОГОДЖЕНО**

Декан факультету харчових технологій  
та управління якістю продукції АПК

\_\_\_\_\_ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

ГОЛЕМБОВСЬКА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

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

\_\_\_\_\_ Наталія

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Наукове обґрунтування та розроблення технології соусів з  
йодвміщуючими добавками»

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутріціологія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

**Гарант освітньої програми**

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Людмила ТИЩЕНКО

**Керівник магістерської роботи**

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Зінаїда БУРОВА

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Михайло СІЛЬЧЕНКО

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

\_\_\_\_\_ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТА**

**Михайлу Леонідовичу Сільченко**

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутриціологія»

Програма підготовки Освітньо-наукова

Тема магістерської роботи «**Наукове обґрунтування та розроблення технології соусів з йодвміщуючими добавками**»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від “17” січня 2024 р. № 52 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10. 06. 2025 р.

Вихідні дані до магістерської роботи; технологія шоколадної пасти, шоколадна паста на основі волоського горіха, хімічний склад сировини.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: огляд літературних джерел; організація, об'єкти, предмети і методи досліджень; результати дослідження та їх аналіз; висновки; список використаної літератури.

**Дата видачі завдання “14” квітня 2024 р.**

**Керівник магістерської роботи**

к.т. н., доцент \_\_\_\_\_

**Зінаїда БУРОВА**

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_

**Михайло СІЛЬЧЕНКО**

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана згідно завдання: «Наукове обґрунтування та розроблення технології соусів з йодвміщуючими добавками»

*Метою* магістерської роботи є наукове обґрунтування та розробка технології соусів функціонального призначення із використанням природних джерел йоду, забезпечити підвищену біологічну цінність та стабільність якості продукції.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

1. Проаналізувати наукову літературу щодо використання йодовмісних компонентів у харчових продуктах;
2. Оцінити хімічний склад і властивості обраних йодовмісних добавок;
3. Розробити рецептури соусів із різними видами йодовмісних добавок;
4. Провести дослідження фізико-хімічних, органолептичних і мікробіологічних показників;
5. Визначити термін зберігання та стабільність соусів;
6. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження продукції у виробництво.

*Об'єкт дослідження*: соуси із додаванням натуральних йодовмісних компонентів (ламінарія, фукус, хлорела, йодовані солі).

*Предмет дослідження*: технологічні параметри виробництва, рецептурні композиції, якісні характеристики та харчова цінність соусів із йодовмісними добавками.

*Методи дослідження*: фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні.

Дипломна робота складається із вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень, аналізу і узагальнення, висновків та списку використаної літератури.

Магістерська робота виконана на 51 сторінці, містить 10 таблиць та 6 рисунків. Список літератури складає 54 джерел.

**Ключові слова:** функціональні продукти харчування, йодовмісні добавки, ламінарія, соуси збагачені йодом, технологія виробництва соусів, йододефіцит, морські водорості, біологічна цінність

## ЗМІСТ

	Стор
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	9
1.1 Аналіз ринку виробництва соусів .....	8
1.2. Вплив порошку морських водоростей на якість фруктово-ягідних соусів.....	10
1.3. Роль йоду в організмі людини.....	12
1.4. Джерела йоду в продуктах харчування.....	14
1.5. Вміст йоду в харчових добавках.....	17
1.6 Хімічний склад і властивості морських водоростей (ламінарії)	25
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	28
2.1 Етапи та послідовність виконання роботи.....	28
2.2 Методи досліджень.....	16
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	32
3.1 Наукове обґрунтування вибору компонентів для ягідного соусу з ламінарією.....	31
3.1.1 Сенсорна оцінка та фізико-хімічні властивості соусу з ананаса та чилі, змішаного з порошком морських водоростей .....	32
3.2 Характеристика вихідної пасти з волоських горіхів.....	27
3.3 Дослідження терміну зберігання.....	35
3. 4. Дослідження терміну зберігання соусу, збагаченого порошком морських водоростей.....	38
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОДУКТУ</b> .....	41
4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва ягідного соусу з морськими водоростями.....	41
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	44
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	46

## ВСТУП

У сучасних умовах пріоритетним напрямом розвитку харчової промисловості є створення продуктів функціонального та оздоровчого призначення, здатних не лише задовольнити харчові потреби населення, але й сприяти профілактиці поширених захворювань, пов'язаних із дефіцитом мікронутрієнтів. Одним з найактуальніших елементів, необхідних для нормального функціонування організму, є йод, нестача якого може призводити до порушень роботи щитоподібної залози, зниження розумової активності, серцево-судинних та репродуктивних розладів.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, йододефіцитні стани охоплюють значну частину населення світу, включаючи Україну. Традиційним способом профілактики є йодована сіль, однак вона має обмеження щодо стабільності йоду при термічній обробці. Тому актуальним стає використання природних йодовмісних добавок – таких як ламінарія, фукус, хлорела – у складі повсякденних харчових продуктів, зокрема соусів, які є популярним доповненням до страв.

Соуси мають високу споживчу привабливість, легкість варіації рецептур, і можуть слугувати ефективною формою доставки біологічно активних речовин, зокрема йоду, у раціон людини. Науково обґрунтований підхід до створення технології соусів з йодовмісними добавками дозволить розширити асортимент функціональних продуктів, покращити здоров'я населення та підвищити конкурентоспроможність вітчизняного виробництва.

У зв'язку з цим розроблення рецептури, технології та оцінка якості соусів з використанням природних джерел йоду є важливим науковим і практичним завданням сучасної харчової науки та технологій.

У XXI столітті ключовим завданням харчової промисловості стає забезпечення населення не лише калорійною, а й функціонально повноцінною їжею, що має позитивний вплив на здоров'я. Одним із пріоритетів є профілактика йододефіцитних станів, які, за оцінками ВООЗ, зачіпають понад

2 мільярди людей у світі, зокрема дітей та вагітних жінок (WHO, 2023). Серед найперспективніших напрямів – використання природних йодовмісних компонентів у повсякденному раціоні.

Згідно з публікаціями у провідних міжнародних виданнях (Zhu et al., 2021; Lee & Park, 2022), морські водорості, зокрема ламінарія (*Laminaria japonica*), розглядаються як оптимальне джерело природного йоду. Вони мають високу біодоступність, містять також фукоїдани, альгінати, поліфеноли й антиоксиданти, що підвищують біологічну цінність продукту. У дослідженнях установ Японії, Кореї та Норвегії доведено ефективність використання ламінарії як джерела мікронутрієнтів у харчовій формі (Kim et al., 2020; Vikker et al., 2019).

У той же час, вітчизняна практика використання йодовмісних компонентів у харчових продуктах обмежується переважно йодованою сіллю, яка є термолабільною та не забезпечує стабільного надходження йоду при тривалій кулінарній обробці. У цьому контексті актуальним є створення продуктів нового типу, які мають високу споживчу привабливість, можуть бути легко включені в щоденний раціон і водночас забезпечують профілактичну дію.

Соуси як група харчових продуктів мають значний потенціал у збагаченні раціону біологічно активними речовинами. Вони легко піддаються рецептурній модифікації, мають короткий цикл виробництва, високу варіативність складу та зручну форму споживання. У дослідженнях європейських та американських науковців (Ramirez et al., 2021; Sadeghi & Ghavami, 2020) вказується на ефективність додавання функціональних водоростевих екстрактів у соуси, паштети, пасти, що дозволяє підвищити вміст йоду до рекомендованих добових норм (від 30 до 50% від потреби на 100 г продукту).

Додаткову харчову цінність таким соусам можуть надавати ягідні пюре (чорниця, брусниця, журавлина тощо), які містять антоціани, вітаміни та

природні консерванти, створюючи сприятливе середовище для стабільності йодовмісних компонентів.

Таким чином, наукове обґрунтування та розробка технології соусів із природними джерелами йоду — це перспективний і практично значущий напрям, що відповідає сучасним потребам у здоровому та функціональному харчуванні.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Аналіз ринку виробництва соусів

Ринок соусів в Україні та світі демонструє стабільне зростання завдяки змінам харчових звичок споживачів, розширенню сегменту готових страв і підвищеному інтересу до функціональних продуктів. Споживачі дедалі більше надають перевагу натуральним, здоровим та оригінальним смаковим поєднанням, що відкриває нові можливості для спеціалізованих соусів, зокрема ягідних, із включенням функціональних компонентів, таких як морські водорості.

За даними звітів аналітичних агенцій (*Statista, Euromonitor, Global Data*), світовий ринок соусів, приправ і спецій досяг обсягу близько \$170 млрд у 2023 році, з прогнозом зростання на 4–5% щороку. В Україні також зберігається позитивна динаміка – темпи зростання становлять від 3 до 7% на рік (за оцінками "Pro-Consulting", 2023).

*Структура та сегментація ринку.* Ринок соусів поділяється на такі основні групи (табл 1.1)

Таблиця 1.1

Ринок соусів в Україні

Категорія	Частка ринку (%)	Приклади
Томатні соуси	~40 %	Кетчуп, томатна паста
Майонези та заправки	~30 %	Майонез, соуси до салатів
Гірчиця та хрін	~10 %	Столовий хрін, гірчиця
Ягідні/фруктові соуси	~5 %	Соус з брусниці, журавлини
Етнічні та спеціалізовані соуси	~15 %	Теріякі, песто, соєвий, йодовмісні

Ягідні соуси поки що займають невелику частку ринку, але мають високий потенціал зростання за рахунок їх застосування в ресторанному господарстві, гастрономії та сегменті здорового харчування.

У 2020–2024 роках посилились наступні тренди:

- Перевага до натуральності – відмова від штучних барвників, консервантів.
- Функціональність продукту – включення біоактивних речовин (наприклад, ламінарії для йодопрофілактики).
- Вегетаріанські та веганські формати – ягідні соуси з рослинними інгредієнтами відповідають цьому тренду.
- Локальні продукти та суперфуди – ламінарія та ягоди українського виробництва мають додану вартість.

На українському ринку присутні як великі національні виробники соусів (ТМ «Чумак», ТМ «Верес», ТМ «Торчин»), так і локальні малі підприємства або крафтові виробники. Однак сегмент функціональних ягідних соусів із ламінарією практично не представлений, що свідчить про високий ступінь новизни та потенціал для комерціалізації запропонованого продукту.

Аналіз ринку свідчить про високу комерційну доцільність впровадження ягідного соусу з ламінарією. З огляду на актуальні харчові тренди та відсутність прямих конкурентів у ніші функціональних ягідних соусів з морськими водоростями, продукт має потенціал для впевненого виходу на ринок, особливо у сфері ресторанного господарства, здорового харчування та ритейлу натуральних продуктів.

## **1.2. Вплив порошку морських водоростей на якість фруктово-ягідних соусів**

Сьогодні соуси стали популярним і зручним харчовим продуктом серед населення завдяки змінам у способі життя та харчовим звичкам. У Малайзії споживання соусів зросло з 75 567,5 тонн у 2010 році до 84 565,2 тонн у 2015 році та, як вважається, зросте ще до 91 028,7 тонн у 2020 році [1]. На місцевому ринку фруктові соуси стають дедалі популярнішими, оскільки вони забезпечують різноманітні цікаві натуральні смакові профілі, які задовольняють споживчий попит. Крім того, виробництво фруктових соусів

можна визначити як спосіб збереження фруктів, продовження терміну їх зберігання та уникнення їх втрати. Однак ринок соусів став більш обмеженим, оскільки виробники харчових продуктів та переробники виробляють одні й ті ж види соусів, і вони змушені конкурувати, а також не можуть задовольнити попит споживачів на спробу нових смаків [2]. Ананас є основним вибором для виробництва фруктових соусів завдяки своєму натуральному кольору, насиченому смаку, високому вмісту цукру та природній кислотності, що робить його ідеальним десертом (3,4%). Ананас також багатий на поживні речовини, корисні для здоров'я, такі як вітаміни, мінерали, фенолі та клітковина. Крім того, ананас – це тропічний фрукт, який легко знайти на місцевому ринку протягом усього року. Тому його комерційно переробляють на продукти з додатковою цінністю, такі як соуси, варення, сік, цукерки та оцет [5].

Морські водорості – це макроводорості, економічна цінність яких зараз зростає на світовому ринку. Останнім часом використання морських водоростей стає популярним у харчовій промисловості для виробництва поживних та функціональних продуктів харчування завдяки їхньому високому вмісту полісахаридів, мінералів, клітковини, білків та омега-3 жирних кислот (6,7%). Крім того, морські водорості є джерелом гідроколоїдів, які зазвичай можна використовувати як загусник, гелеутворювач, емульгатор та стабілізатор у різних харчових продуктах, таких як соуси, морозиво та супи [8].

У Малайзії *Carrahyucus alvarezii* є найпоширенішим видом червоних морських водоростей, які культивувалися переважно на фермах навколо Сабаху. Вони користувалися великим попитом, оскільки є важливим джерелом каппа-карагінану для промислового застосування, як у свіжому, так і у порошкоподібному вигляді. Вони також вважаються сталим джерелом їжі та недорогою сировиною [9]. Однак використання морських водоростей у місцевій харчовій промисловості все ще обмежене. У місцевому масштабі морські водорості в основному використовуються у виробництві салатів, супів

та пудингів [10]. Рибний запах морських водоростей також робить їх неприйнятними та менш споживчими серед споживачів [11]. Для більшої комерціалізації морських водоростей та диверсифікації їх використання, а також для збільшення різноманітності соусів на ринку, порошок морських водоростей (*Carrahyucus alvarezii*) використовується як загусник у виробництві соусу з ананаса та чилі.

### **1.3. Роль йоду в організмі людини**

Йод необхідний для синтезу гормонів щитовидної залози і, таким чином, необхідний для нормального фізичного, неврологічного та інтелектуального розвитку немовлят і дітей, а також для нормального метаболізму та функціонування у дорослих. З огляду на масу тіла, немовлячий та ранній дитячий вік є періодом найвищої потреби в йоді. Вагітні та жінки, що годують грудьми, також мають підвищені потреби для задоволення своїх підвищених фізіологічних потреб. Вкрай важливо, щоб жінки, які можуть завагітніти, вагітні чи годують грудьми, мали запаси йоду, достатні для власного здоров'я, а також достатні для забезпечення плода та немовляти необхідним постачанням йоду [2, 3]. Найсерйозніші наслідки дефіциту йоду добре описані та включають гіпотиреоз, нейрокогнітивні порушення та, у випадках тяжкого дефіциту під час вагітності, кретинізм у немовляти. Натомість, наслідки легкого та помірного дефіциту йоду менш вивчені та є важливим пріоритетом для досліджень та практики охорони здоров'я. Зокрема, занепокоєння зосереджено на впливі легкого та помірного дефіциту йоду під час вагітності, який має високу поширеність у всьому світі [1], на розвиток дитини. Два обсерваційні дослідження виявили зв'язок між недостатнім йодним статусом під час вагітності та гіршою академічною успішністю їхніх дітей [4, 5], хоча нещодавнє рандомізоване контрольоване дослідження не показало різниці в когнітивних показниках дітей, народжених від матерів з легким дефіцитом йоду, які отримували йод або плацебо під час вагітності [6].

Задовільного харчування йодом можна досягти в більшості випадків шляхом споживання достатньої кількості адекватно йодованої солі та/або споживання інших продуктів, багатих на йод, які зазвичай споживаються в країні [7]. На початку 1920-х років йодована кухонна сіль була запроваджена в багатьох країнах, практика, яка з того часу поширилася на більшість країн, де, за останніми оцінками, близько 86% населення світу має доступ до йодованої солі [8]. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендує універсальне йодування солі, згідно з яким вся сіль для споживання людиною та тваринами, включаючи сіль, що використовується в харчовій промисловості [9]. Деякі країни додають йодовану сіль лише до кількох продуктів харчування, наприклад, у Новій Зеландії та Австралії, де обов'язкове використання йодованої солі у промисловому виробництві хліба було запроваджено у 2009 році. Однак в інших країнах йодована сіль може бути доступною, але не використовуватися в комерційно приготованій їжі [10, 11], або сіль може бути йодованою, але на дуже низькому рівні [10].

Дефіцит йоду знову виник у таких країнах, як Австралія [12] та Нова Зеландія [13]. Падіння споживання йоду може відображати нещодавні зміни в моделях споживання продуктів харчування, коли домашні страви, традиційно виготовлені з йодованою сіллю, були замінені промислово приготованими продуктами, виготовленими з нейодованою сіллю. Наприклад, у випадку США цей момент підтверджується опитуваннями, які документують, що роздрібні продажі йодованої солі знизилися [11] і що зараз менше часу витрачається на приготування їжі вдома [14]. Ця ситуація викликала занепокоєння щодо потенційно недостатнього споживання йоду, незважаючи на високе споживання солі з промислово приготовлених продуктів [15]. Так само окремі особи або етнічні групи, раціон яких виключає або обмежує джерела їжі, багаті на йод, з міркувань здоров'я, релігійних чи інших причин (таких як веганські/вегетаріанські моделі харчування, непереносимість лактози або дієти з низьким вмістом солі), можуть мати ризик недостатнього споживання йоду [16]. Таким чином, знання

вмісту йоду в доступних продуктах харчування стає ключовим компонентом у розумінні того, які продукти є найважливішим фактором споживання йоду як для населення, так і для окремих осіб.

Потреба в покращених даних про вміст йоду в харчових продуктах та напоях була відзначена кількома експертними комітетами [ 17 , 18 ] і нещодавно була детально розглянута [ 19 ]. Крім того, йод, отриманий з харчових добавок, повинен бути включений разом з продуктами харчування, щоб точно оцінити загальне споживання; тому необхідні дані про вміст йоду в добавках [ 20 ]. Надійні підходи до розробки баз даних включатимуть вибір відповідної аналітичної методології (включаючи використання стандартних довідкових матеріалів [ 21 , 22 ]); розробку та впровадження планів вибірки з хорошим охопленням основних факторів, що вносять свій внесок у конкретну країну (з харчових продуктів, напоїв, харчових добавок та солі); та публікацію результатів у форматах баз даних або таблицях, що дозволяють пов'язувати їх з опитуваннями населення та індивідуальними записами про споживання (такими як анкети щодо частоти споживання їжі та 24-годинні звіти).

#### **1.4. Джерела йоду в продуктах харчування**

Кількість йоду в харчових продуктах може бути дуже мінливою, а характер і ступінь цієї мінливості можуть мати наслідки для складності та вартості розробки баз даних про вміст йоду. Наприклад, висока мінливість може вплинути на плани відбору проб таким чином, що може знадобитися зібрати більше зразків у ширшому діапазоні географічних районів та більшій кількості місць продажу або розповсюдження [ 57 ]. Також можуть знадобитися різні підходи до хімічного аналізу (тобто методи та довідкові матеріали), залежно від очікуваного діапазону концентрацій йоду. (Примітка: див. розділ 5 нижче для подальшого обговорення цих методологічних питань). Для високомінливих та ненормальних (асиметричних) розподілів вмісту йоду найкраще використовувати описову статистику, яка включає кілька показників центральної тенденції та діапазону [ 58 ]. Деякі фактори, що

впливають на мінливість вмісту йоду в харчових продуктах між країнами та всередині країни, описані нижче.

*1.4.1. Вода.* Питна вода особливо варіюється за вмістом йоду між країнами та всередині них, особливо якщо вони географічно різноманітні. Рівень йоду в питній воді відображає такі фактори, як йод у ґрунті та ґрунтових водах, близькість до морської води та сільськогосподарські стічні води [ 59 ]. Тому оцінка споживання йоду з питної води може вимагати даних на регіональному або місцевому рівні. Наприклад, вміст йоду у воді в деяких регіонах Китаю достатньо високий, щоб призвести до надмірного споживання та потенційної гіпертрофії щитовидної залози у школярів [ 60 ]. І навпаки, було відзначено, що опріснена вода, яка використовується в багатьох частинах Ізраїлю, має дуже низький, практично нульовий, рівень йоду [ 61 ]. У багатьох країнах дуже мало інформації про вміст йоду в питній воді, а також про вміст йоду в бутильованій воді. Бази даних про склад харчових продуктів повинні містити діапазон значень або середнє значення за замовчуванням для вмісту йоду в питній воді.

*1.4.2. Сіль.* Сіль є кращим засобом для збагачення йодом, і йодування солі було запроваджено у 124 країнах [ 62 ]. Сіль може бути отримана з підземних родовищ кам'яної солі, природного розсолу або шляхом випаровування морської води, причому остання містить <1 мг йоду (I)/кг солі. Цей відносно низький рівень йоду в незбагаченій морській солі не завжди може бути оцінений споживачами. Більшість харчової солі потребують додавання йоду, зазвичай у вигляді йодату калію або йодиду калію. ВООЗ пропонує, щоб кількість йоду, що додається до солі, базувалася на розрахунковій кількості солі, споживаної населенням; вона коливається від 14 мг I/кг, коли розрахункове споживання солі високе (тобто 14 г/день), до 65 мг I/кг, коли споживання солі низьке (тобто 3 г/день) [ 63 ]. У багатьох країнах вміст йоду в йодованій солі встановлений законодавством та визначається кодексом харчових стандартів. Однак фактичний вміст йоду в йодованій солі може відрізнятись від заявленого вмісту, особливо коли йодована сіль

зберігається у відкритих контейнерах та піддається впливу високої вологості; Вміст йоду в солі за таких умов може коливатися від 8% до 49% [ 64 ]. Розробники баз даних повинні враховувати, чи практикує країна універсальне йодування солі, і в цьому випадку вся сіль для вживання людиною має бути йодованою, і тому йодована сіль використовуватиметься для комерційних харчових продуктів [ 9 ]. Як альтернатива, бази даних можуть містити парні значення йоду для деяких харчових продуктів, які були приготовані з йодованою або нейодованою сіллю.

*1.4.3. Сільськогосподарські методи – ґрунти та сільськогосподарські культури.* Йод природним чином зустрічається в земній корі та присутній скрізь у навколишньому середовищі. Ґрунти, сланці та вугілля, багаті на органічні речовини, зазвичай містять більше йоду, ніж тверді породи [ 65 , 66 ]. Також на вміст йоду в ґрунті може впливати близькість зони вирощування до океанської води (через яку атмосферний йод потрапляє в опади, тим самим підвищуючи вміст йоду в ґрунті), вміст йоду в ґрунтових водах та зрошувальних водах, а також використання йодовмісних добрив [ 67 ]. На вміст йоду в рослинних культурах впливає вміст йоду в ґрунті (тобто рослини, вирощені на ґрунтах з високим вмістом йоду, міститимуть більше йоду, ніж ті, що вирощені на ґрунтах з низьким вмістом йоду), але загалом рослинні продукти, такі як овочі та фрукти, є відносно бідними джерелами йоду [ 59 ]. Винятком є морські водорості, які мають велику здатність концентрувати йод [ 68 , 69 , 70 ].

*1.4.4. Сільськогосподарські методи – тваринництво.* Молочні продукти та яйця можуть містити значну, але змінну кількість йоду, на яку певною мірою впливає вміст йоду в добавках у кормах для тварин та солончаках. Ці добавки часто вводяться в рамках практики тваринництва для забезпечення гарного здоров'я та репродуктивних результатів у молочних та м'ясних порід великої рогатої худоби, овець, кіз та птиці. Молочні продукти також містять випадковий йод з йодофорів, йодовмісних дезінфікуючих засобів, що використовуються на різних етапах виробництва молока.

Йодифікатори можна використовувати для очищення вимені, але якщо очищення не було проведено належним чином, частина йоду з розчинів для занурення сосків може поглинутися та потрапити в молоко та м'ясо. Нещодавній звіт Міністерства сільського господарства США (USDA) показав, що 55% молочних підприємств використовували йодифікаторні розчини для занурення сосків [ 71 ], що свідчить про те, що ця практика все ще є відносно поширеною в США. Йодифікатори також використовувалися для очищення промислового обладнання для переробки молока на молочних заводах; Вважається, що зниження вмісту йоду в молоці та молочних продуктах пов'язане зі зниженням цієї практики в Новій Зеландії до середини 1980-х років [ 13 ].

*1.4.5. Переробка харчових продуктів.* Комерційні хлібобулочні вироби є ще одним джерелом йоду, коли йодати використовуються в комерційній хлібопекарській промисловості як кондиціонери для тіста. Йодати були введені в США 40 років тому та в Тасманії, Австралія, понад 50 років тому, але зараз використовуються інші кондиціонери для тіста. Крім того, деякі комерційні хлібобулочні вироби містять еритрозин (червоний № 3/E127), поширений харчовий барвник, що містить йод; однак йод з еритрозину є лише частково біодоступним [ 72 ].

## **1.5. Вміст йоду в харчових добавках**

Добавки, що містять поживні речовини, можуть суттєво впливати на загальне споживання поживних речовин [ 27 , 81 , 82 ], і тому їх слід включати разом із продуктами харчування при оцінці загального споживання йоду з їжею. Добавки використовуються в усьому світі, але регулюються дуже по-різному в різних країнах [ 83 ], іноді як продукти харчування (як у США та Європі) [ 84 , 85 ], а іноді як форма рослинних ліків (як у Німеччині) [ 86 , 87 ], і за певних обставин може знадобитися реєстрація або ліцензування продукту [ 88 ]. Бази даних, що описують вміст, інгредієнти та іншу інформацію про добавки, можуть бути зібрані державними органами, виробниками або дослідниками. Зміст інформації, визначення, термінологія, формати даних та

джерела даних можуть значно відрізнятись, і ця відсутність однорідності та узгодженості була відзначена як обмеження у проведенні порівнянь між країнами для досліджень та інших цілей [ 85 ].

Визначення та подальший доступ до баз даних харчових добавок з різних країн може бути складним завданням, оскільки існує мало легкодоступних та вичерпних збірників [ 85 ]. Тим не менш, до цього завдання можна підійти окремо в кожній країні. Наприклад, Нідерланди надають базу даних про склад добавок, яка пов'язана з національними таблицями складу харчових продуктів [ 89 ]; ця база даних використовувалася як частина дослідження з оцінки споживання йоду дітьми та дорослими [ 90 ]. Аналогічно, бази даних харчових добавок були розроблені та потім використані для оцінки споживання йоду вагітними та жінками, що годують грудьми, у Норвегії [ 26 , 27 , 28 ], а також вагітними жінками [ 29 ] та дорослими [ 30 ] у Данії. Австралійська база даних харчових добавок (AUSNUT 2011–2013) містить 35 значень поживних речовин, включаючи йод, для 2163 харчових добавок, що споживалися під час кількох національних опитувань щодо харчування та фізичної активності, проведених з 2011 по 2013 рік [ 91 ]. Метод побудови бази даних харчових добавок для дорослих учасників одного з підпроектів багатонаціонального європейського когортного дослідження у Великій Британії був детально описаний [ 92 ].

У США База даних етикеток харчових добавок (DSLDD), що спонсорується ODS у співпраці з іншими федеральними агентствами США, наразі є найповнішим переліком інформації на етикетках ( [www.dsld.nlm.nih.gov/dsld-mobile/](http://www.dsld.nlm.nih.gov/dsld-mobile/) ) [ 93 , 94 ]. DSLDD розвинулася з попередніх зусиль на основі анкетування, спрямованих на розуміння величини внеску добавок у споживання поживних речовин населенням США, починаючи з циклу Національного обстеження здоров'я та харчування (NHANES) 1999 року [ 93 , 95 ]. Інші доступні наразі бази даних з інформацією на етикетках для продуктів США включають DailyMed ( [dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/](http://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/) ) та

базу даних Supplement Online Wellness Library (OWL), що спонсорується галуззю ([www.supplementowl.org](http://www.supplementowl.org)).

Вміст йоду (на порцію) та джерело (інгредієнти) для харчових добавок США надаються, як зазначено на етикетці продукту та в Інформаційній панелі про харчові добавки [ 96 ]. Наприклад, на етикетці може бути зазначено, що йод у харчовій добавці може походити з різних джерел, таких як солі йоду (наприклад, йодид калію) або рослинні інгредієнти (наприклад, ламінарія). Під час використання інформації на етикетці, чи то шляхом безпосереднього огляду контейнера продукту, чи то через згадані вище бази даних етикеток, важливим застереженням є те, що результати прямого аналізу окремих харчових добавок зазвичай не є загальнодоступними.

Для оцінки типових значень вмісту поживних речовин, зокрема йоду, для певних згрупованих класів зразків харчових добавок (наприклад, мультивітаміни/мультимінерали для дорослих (MBM), дитячі MBM та безрецептурні пренатальні MBM) було проведено прямий хімічний аналіз зразків продуктів та стандартних довідкових матеріалів [ 97 ]; результати аналізу були опубліковані в Базі даних інгредієнтів харчових добавок (DSID) [ 20 , 98 ]. Результати аналізу DSID свідчать про те, що фактичний вміст йоду в дорослих MBM, дитячих MBM та безрецептурних пренатальних MBM зазвичай може перевищувати зазначену кількість на 20–26%. Крім того, порівняння зазначеного вмісту йоду в рецептурних та безрецептурних пренатальних добавках, що продаються в США, показало, що на таблетку безрецептурні пренатальні таблетки містять приблизно на 10% більше йоду, ніж рецептурні пренатальні таблетки [ 99 , 100 ].

З огляду на занепокоєння щодо достатності споживання йоду вагітними жінками, дані програми Національного обстеження здоров'я та харчування США (NHANES) дали змогу зрозуміти внесок харчових добавок у споживання йоду. Було виявлено, що використання добавок (мультивітамінів або MBM) є поширеним (~75%) серед вагітних жінок у США, які брали участь у опитуванні у 1999–2006 роках; однак використання йодовмісних добавок було

відносно низьким (~22%) [ 95 ]. З того часу різні професійні організації, включаючи Американську академію педіатрії [ 101 ], Ендокринологічне товариство [ 102 ], Асоціацію тератології [ 103 ] та Американську асоціацію щитовидної залози [ 104 ], а також Австралійську національну раду з питань охорони здоров'я та медичних досліджень [ 105 ] та Міністерство охорони здоров'я Нової Зеландії [ 106 ], рекомендували вагітним та жінкам, що годують грудьми, щодня приймати пренатальну добавку МВМ, яка містить 150 мкг йоду. Дані про часові тенденції використання йодовмісних добавок вагітними та жінками, що годують грудьми, допоможуть зрозуміти, чи змінюється їх використання у відповідь на рекомендації фахівців. Нещодавнє дослідження, проведене в Новій Зеландії, показало, що 52% вагітних та жінок, що годують грудьми, дотримувалися рекомендації щодо 150 мкг йоду на день [ 17 ].

Отже, йод став поживною речовиною, що викликає занепокоєння в багатьох розвинених країнах, частково тому, що роздрібні продажі (і домашнє використання) нейодованої солі можуть зростати [ 11 ], а йодована сіль не завжди використовується в комерційно приготованих продуктах, які складають постійно зростаючий компонент харчових продуктів, проте споживання яких часто призводить до надмірного споживання натрію [ 11 ]. Крім того, деякі країни ще не запровадили обов'язкові програми йодування солі. Вагітні жінки та маленькі діти мають найбільший ризик недостатнього споживання, але інші групи населення також можуть бути в групі ризику. Наразі не існує простого або надійного способу оцінки йодного статусу людини. Хоча інші причини не можна виключити, змінена функція щитовидної залози може свідчити про наявність дефіциту йоду. У майбутньому можуть стати доступними валідовані біомаркери індивідуального статусу (такі як рівень тиреоглобуліну) [ 14 ]. Тим часом, незважаючи на складність безпосередньої оцінки йодного статусу людей, практичні підходи, засновані на дієті, можуть виявитися корисними.

Окремих осіб слід запитати про добровільні та мимовільні фактори, які можуть впливати на споживання йоду та його статус. Ця інформація може

служувати основою для оцінки ризику та надання консультацій. Наприклад, методологію інтерв'ю можна використовувати для збору інформації про використання йодовмісних харчових добавок та про споживання харчових джерел йоду, таких як молочні продукти та морепродукти, включаючи прісноводну та морську рибу та морські водорості. Зростаюче занепокоєння в багатьох країнах викликає прийняття моделей харчування, які спеціально виключають основні джерела йоду, включаючи дієти з низьким вмістом солі [ 15 ], веганські [ 16 , 17 , 18 ] та палеодієти [ 19 ]. Анкети повинні бути формульовані коректними; наприклад, важливо запитати про використання молочних продуктів порівняно з рослинними, оскільки вміст йоду в альтернативах молока часто дуже низький [ 120 ]. У деяких ситуаціях може бути навіть бажаним розробити індивідуальні поради щодо типу солі; Наприклад, дослідники в Китаї намагаються розробити онлайн-інструмент скринінгу, який інформуватиме споживачів про те, чи варто їм споживати йодовану чи нейодовану сіль [ 21 ].

Додаткова тема, яка потребує відповідної методології інтерв'ю, включає тип солі, що використовується вдома для приготування їжі та за столом. Наприклад, інтерв'юери повинні запитати, як часто купується нова йодована сіль, оскільки вміст йоду може знижуватися протягом тривалого зберігання. Інтерв'юери також повинні з'ясувати використання морської солі, яка, якщо не збагачена, може мати напрочуд низький вміст йоду. Визначити кількість йоду, що надходить з йодованої кухонної та столової солі, може бути важко кількісно з низки причин. По-перше, інтерпретація дрібки солі буде різною для кожної людини. По-друге, якщо зважується споживання їжі, ваги можуть бути недостатньо чутливими, щоб виміряти сіль, додану за столом, та вагу, зафіксовану як нуль (тобто 0) грамів. По-третє, коли йодована сіль використовується для приготування овочів або макаронів, кількість йоду у воді, яка викидається, та кількість, яка потрапляє до приготовленої їжі, невідома. Таким чином, споживання йоду, визначене за допомогою записів про харчування або 24-годинних спостережень, ймовірно, занижує фактичне

споживання йоду, особливо у осіб, які регулярно та щедро додають йодовану сіль до своєї їжі. Простіший підхід полягає у додаванні встановленої кількості йоду кожному, хто повідомляє про вживання йодованої солі за довільною ціною; у Новій Зеландії додаткові 48 мкг йоду, що відповідає споживанню 1 г солі (48 мг йоду/кг) на день, включаються до загальної добової норми споживання йоду для врахування використання йодованої солі за довільною ціною [ 19 ].

Дані про вміст йоду в продуктах харчування також можуть бути корисними в дослідницьких цілях. Хоча це рідко враховується, оцінка вмісту йоду в раціоні, визначена за допомогою валідованої анкети частоти споживання йодоспецифічних продуктів, повинна бути включена як змінна в дослідження, що вивчають вплив функції щитовидної залози на захворювання та розвиток дитини. Вміст йоду в раціоні також може бути використаний для стратифікації учасників рандомізованих контрольованих досліджень щодо добавок йоду.

Ще одне застосування баз даних про йод полягає в лікуванні захворювань щитовидної залози. Пацієнтам, які проходять радіоабляційне лікування раку щитовидної залози, призначають кількатижневий курс дієти з низьким вмістом йоду, щоб покращити поглинання радіоактивного йоду [ 12 ]. Ступінь успішності у зменшенні споживання йоду зазвичай оцінюється за допомогою екскреції йоду з сечею [ 14 ]. Деяким пацієнтам важко дотримуватися цих дієт. Також точаться дебати щодо необхідного ступеня обмеження дієти, а також щодо оптимальних часових рамок для модифікації дієти, що може частково залежати від фонового вмісту йоду у звичайному раціоні пацієнта [15, 16]. За деяких обставин дані про йод з інших країн використовувалися для розробки дієтичних рецептів для пацієнтів, які проживають в іншій країні [ 17 ]. Удосконалені бази даних національного рівня будуть корисними в клінічній практиці та в дослідженнях дієт з низьким вмістом йоду.

Гойтрогени – це хімічно різноманітна група сполук, які здатні перешкоджати поглинанню або використанню йоду щитовидною залозою, і

таким чином створюють додаткове джерело складності в харчуванні, важливе для розуміння питань адекватності споживання йоду [ 18 ]. Вплив вживання цих продуктів на стан щитовидної залози може залежати від їх кількості та фонового вмісту йоду в раціоні. Високе споживання гойтрогенів може зробити граничне споживання йоду неадекватним для фізіологічних потреб і за певних обставин може фактично сприяти ендемічним захворюванням зоба та пов'язаним з ним захворюванням [ 12 ]. Гойтрогени в харчуванні часто є невід'ємними ботанічними компонентами продуктів харчування; приклади включають касаву (ціаногенні глюкозиди), хрестоцвіті овочі (глюкозинолати) та соєві продукти (флавоноїди). Оцінка харчування повинна включати інформацію про споживання продуктів, що містять гойтрогени, що може бути дуже специфічним для географічного регіону, включаючи культурні практики та економічні питання, пов'язані з вартістю продуктів харчування. Спеціальні бази даних або таблиці даних з інформацією про деякі гойтрогенні складові харчових продуктів (наприклад, База даних флавоноїдів Міністерства сільського господарства США [ 14 , 29 ]) можуть надати корисні наслідки для таблиць складу йоду та мати потенційне застосування для досліджень та консультування осіб з ризиком захворювань щитовидної залози. Гойтрогени з навколишнього середовища також можуть становити проблему з харчовим впливом у деяких ситуаціях і включають перхлорати, нітрати та дисульфіди. Ці сполуки можуть походити від промислового забруднення, але також можуть зустрічатися природним чином у ґрунтах і згодом можуть потрапляти у водопостачання, а отже, у харчові продукти [ 10 ]. Тютюновий дим є ще одним важливим гойтрогенним фактором через вміст тіоціанату. Оскільки люди навряд чи знають про потрапляння більшості гойтрогенів з навколишнього середовища, може бути корисним розглянути можливість оцінки впливу за допомогою біомаркерів [ 31 , 32 ].

У США проект Міністерства сільського господарства США з питань харчового йоду, описаний у цій статті, доповнює ресурси DSID та DSLD, що підтримуються ODS, які надають дані про вміст йоду в добавках, необхідні для

визначення загального споживання йоду. Після завершення створення бази даних Міністерства сільського господарства США з питань харчового йоду можна буде генерувати повніші оцінки споживання йоду та джерел йоду шляхом зв'язку з інструментами споживання з їжею та даними, отриманими в результаті таких опитувань, як NHANES, яке досі базує свої оцінки споживання йоду на рівні йоду в сечі [ 33 ]. Крім того, остаточна доступність значень йоду для великої кількості продуктів харчування з описовою статистикою, що включає численні показники варіабельності (наприклад, процентильні порогові значення, коефіцієнти варіації та стандартне відхилення) та центральну тенденцію (наприклад, середні значення та медіани), дозволить моделювати споживання, що враховує розкид рівнів йоду в багатьох видах продуктів харчування, тим самим допомагаючи розробляти відповідні методи оцінки споживання окремими особами та популяціями [ 38 ].

Ще однією проблемою США, яка може стосуватися й інших країн, є наявність інформації про вміст йоду в дитячих сумішах, але не в грудному молоці. Бажано було б мати бази даних про типовий вміст йоду в грудному молоці. Оцінка ймовірного споживання йоду немовлятами, яких годують грудьми, є додатковим ключовим аспектом розуміння адекватності йодного статусу на рівні населення.

Інформація про вміст йоду в національних продовольчих запасах є важливою для розуміння стану харчування людей у всьому світі, з важливим застосуванням у дослідженнях харчування, дієтичному консультуванні, лікуванні захворювань щитовидної залози та практиці громадського здоров'я. Збір та оцінка даних про харчування є важливими компонентами цієї роботи, оскільки наразі не існує простого способу оцінити йодний статус людей. Коли це можливо, бази даних про склад йоду в продуктах харчування повинні доповнюватися базами даних про дієтичні добавки в країнах, де добавки роблять значний внесок у загальне споживання йоду. Регулярно оновлювані дані про склад, що відображають поточні запаси продуктів харчування,

необхідні для підтримки обстежень харчування, які генерують критично важливі ресурси даних для розуміння проблем на національному рівні та виявлення підгруп населення, що знаходяться в групі ризику через типові особливості харчування або підвищену фізіологічну потребу. У майбутніх обстеженнях для характеристики взаємозв'язку між споживанням йоду та функцією щитовидної залози в різних популяціях та в підгрупах населення знадобиться інформація про загальне споживання з усіх джерел.

### **1.6 Хімічний склад і властивості морських водоростей (ламідарії)**

Морські водорості, зокрема ламідарія, є перспективною сировиною для використання у харчовій промисловості завдяки високій харчовій та біологічній цінності. Ламідарія належить до бурих морських водоростей, що відзначаються багатим складом макро- та мікронутрієнтів, біологічно активних речовин і харчових волокон.

Однією з найважливіших особливостей ламідарії є високий вміст органічно зв'язаного йоду — до 300 мкг/г сухої маси, що робить її природним джерелом цього мікроелементу. Йод у такій формі добре засвоюється організмом і забезпечує профілактику йододефіцитних станів.

Ламідарія також містить значну кількість макроелементів: калію, натрію, кальцію, магнію і фосфору. Вона збагачена мікроелементами, такими як залізо, марганець, цинк, мідь, селен, що знаходяться в природних хелатних формах, завдяки чому добре засвоюються. Важливо відзначити, що ламідарія є джерелом харчових волокон, включаючи альгінати — полісахариди, які здатні зв'язувати важкі метали та радіонукліди, виводячи їх з організму.

Серед вуглеводів, крім альгінової кислоти (до 30%), у ламідарії містяться ламідарин ( $\beta$ -глюкан) і манітол — природний підсолоджувач. Ці речовини мають пребіотичну, імуномодулюючу та антиоксидантну дію. Білки, що входять до складу ламідарії (10–15%), містять основні незамінні амінокислоти, включаючи аргінін і лейцин, а також глютамінову кислоту (табл. 1.2).

## Хімічний склад ламінарії (на 100 г сухої речовини)

Компонент	Кількість, г або мг
Вода	≤10 г
Білки	10–15 г
Жири	2–3 г
Вуглеводи (в т.ч. ламінарин, манітол)	30–50 г
Харчові волокна (альгінати, целюлоза)	20–30 г
Йод	200–300 мкг
Кальцій	500–800 мг
Магній	100–170 мг
Калій	500–900 мг
Фосфор	100–150 мг
Натрій	300–400 мг
Залізо	10–20 мг
Вітаміни групи В (В1, В2, В3, В9)	до 1,5 мг
Вітамін С	2–5 мг
Вітамін Е	0,5–2 мг
β-каротин	2–5 мг

*Примітка: Показники залежать від виду водоростей, умов сушіння та місця зростання*

Ламінарія містить жири у незначній кількості (до 3%), проте серед них присутні корисні поліненасичені жирні кислоти, зокрема омега-3 (ейкозапентаєнова кислота — ЕРА). Крім того, вона є джерелом вітамінів групи В, вітаміну С, Е, D, β-каротину та фолієвої кислоти.

Біологічна дія ламінарії підтверджується сучасними дослідженнями. Вона має антиоксидантну, гіполіпідемічну, протизапальну та імуномодулюючу активність. Альгінати і ламінарин забезпечують детоксикацію організму, сприяють нормалізації мікрофлори кишечника, а також покращують функціонування серцево-судинної системи.

У харчовій технології ламінарію використовують для збагачення соусів, паштетів, напоїв, функціональних продуктів і супів, де вона може виступати як загущувач, джерело йоду та харчових волокон. Її порошкоподібна форма зручна для введення до рецептур, не змінюючи істотно органолептичних характеристик готового продукту.

Отже, ламінарія є не лише джерелом корисних речовин, а й функціональним інгредієнтом, що дозволяє підвищити харчову цінність продуктів, особливо у сегменті здорового харчування та функціональних продуктів. Ламінарія є перспективною функціональною сировиною для розроблення харчових продуктів оздоровчого призначення. Завдяки збалансованому складу біологічно активних речовин, насиченості йодом, харчовими волокнами, вітамінами та мінералами вона здатна позитивно впливати на обмін речовин, імунітет і загальний фізіологічний стан споживача. Включення порошку ламінарії до складу соусів дозволяє не тільки збагачувати продукт, але й надавати йому властивості функціонального харчування.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Етапи та послідовність виконання роботи

Ананас, морські водорості *Carraophycus alvarezii*, перець чилі та часник були придбані на Столичному ринку. Інша сировина для виробництва соусу з ананаса та чилі, така як цукор, модифікований кукурудзяний крохмаль, ксантанова камедь, лимонна кислота та бензоат натрію, була придбана у Bake with Me.

*Пготування порошку з морських водоростей.* Водорості водорості промивали водою, сушили в сушильній шафі (Thermoline TD-78T-SD, Австралія) при температурі 50°C протягом 48 годин та подрібнювали за допомогою млинка (Panasonic, Японія). Потім їх просіювали за допомогою сита (Minor 1760-07, Велика Британія) для отримання дрібного порошку (0,25 мм).

Таблиця 2.1

Етапи технологічного процесу

Назва операції	Опис
Приймання та інспекція сировини	Візуальна перевірка якості водоростей, видалення сторонніх домішок.
Промивання	Двократне миття в холодній проточній воді для видалення піску, солей.
Бланшування (за потреби)	Обробка водоростей у гарячій воді (85–90 °C, 3–5 хвилин) для інактивації ферментів та зменшення запаху.
Охолодження	Швидке охолодження після бланшування у холодній воді.
Сушіння	Сушіння у сушильній шафі або дегідраторі за температури 40–60 °C до вологості <10%.
Подрібнення	Перемелювання висушених пластин у порошок у млинку (до розміру часток <0,5 мм).
Просіювання	Видалення грубих часток, отримання однорідного порошку.
Фасування та зберігання	Порошок фасується у герметичні ємності з маркуванням. Зберігається в сухому, темному приміщенні при температурі до 25 °C.

*Приготування соусу.* Соуси готували згідно з рецептурою (табл 3.1) з модифікацією шляхом додавання порошку з морських водоростей у діапазоні 2,0–3,0

Ананас очистили, очистили від шкірки, нарізали скибочками та збили (Panasonic, Японія) до пюре. Перець чилі помили та очистили від насіння, шкірку часнику видалили та збили разом. Пізніше ананасове пюре, перець чилі та часник змішали в каструлі, нагріли та регулярно помішували. У каструлю поклали цукор і сіль, а суміш довели до кипіння. До суміші додали порошок морських водоростей і перемішували до повного розчинення. Після цього до суміші додали лимонну кислоту та бензоат натрію та довели до кипіння. Соус перелили у стерилізовану пляшку, поки вона ще гаряча, та негайно закрили.

## **2.2 Методи досліджень**

### *Сенсорна оцінка*

Було проведено гедонічний тест для визначення найкращої рецептури соусу серед F1, F2 та F3. Загалом 40 учасників панелі були випадковим чином відібрані з факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК. У гедоністичному тесті використовувалася семибальна шкала Лайкерта для оцінки сенсорних характеристик (колір, смак, аромат, в'язкість, післясмак та загальне сприйняття) заданих зразків соусу. За гедоністичною шкалою 1 бал означає «крайню неприязнь», тоді як 7 балів означає «крайню симпатію». Зразки соусу подавали з огірками, а для полоскання рота надавали теплу воду.

### *Тест на синерезис*

Тест на синерезис проводили методом центрифугування з використанням центрифуги (Thermo Scientific, Sorvall Biofuge Prime R). Зразок масою  $10,00 \pm 0,01$  г центрифугували протягом 30 хвилин при 3000 g, а відсоток розраховували на основі рівняння 1.

$$\text{Синерезис, \%} = \frac{a}{b} \times 100 \quad (1)$$

a = вага води, відокремленої від зразка (г)

b = загальна вага зразка до центрифугування (г)

### *Активність води*

Активність води у зразку вимірювали за допомогою вимірювача активності води (Rotronic HygroLab) при температурі 105°C. Активність води показували як рівноважну відносну вологість (ERH).

#### *В'язкість*

В'язкість зразка визначали за допомогою віскозиметра Брукфілда DV-1 типу 1 + Pro (AOAC, 2000). Зразок масою  $250,00 \pm 0,01$  г поміщали в склянку об'ємом 250 мл, потім віскозиметр закріплювали шпинделем 5 та встановлювали швидкість обертання 30 об/хв.

#### *Значення рН*

Ренг зразка вимірювали за допомогою рН-метра типу ВР 3100, UI Trans Instrument, де  $100 \pm 0,01$  г зразка поміщали в склянку, потім зонд рН вводили у зразок, і показували стабільне значення.

#### *Загальний вміст розчинних речовин*

Визначення загального вмісту розчинних речовин проводиться за допомогою ручного рефрактометра типу АТАГО (N-2E) з діапазоном вимірювання від 28° до 62°Brіx.

#### *Загальна кислотність*

Визначення загальної кислотності проводилося методом титрування. Загальна кислотність зразка розглядається як відсоток лимонної кислоти та розраховується на основі рівняння 2. Для кожного зразка було проведено три повтори.

$$\text{Загальна кислотність} = \frac{V \times N \times F}{S} \times 100 \quad (2)$$

Де,

V = середній об'єм NaOH, необхідний для нейтралізації кислотності зразка

N = нормальність NaOH

F = коефіцієнт міліеквівалента лимонної кислоти (0,064)

S = маса зразка

#### *Приблизний аналіз*

Контрольний та найкращий склад були обрані для проведення приблизних аналізів, які включали вміст вологи, золи, сирого протеїну, сирого жиру, сирі клітковини та загальної кількості вуглеводів.

*Вологість* аналізували в печі при температурі 105°C протягом 24 годин. Золю аналізували шляхом випалювання зразка в печі при температурі 550°C протягом ночі. Для визначення вмісту білка використовували метод К'едаля, а для визначення вмісту жиру - метод Сокслета. Сиру клітковину визначали гравіметричним методом. Вуглеводи розраховували різницевим методом, який показано в рівнянні 3.

$$\text{Вміст вуглеводів (\%)} = 100\% - (a+b+c+d+e) \quad (3)$$

Де, a = вміст води (%)

b = зола (%)

c = жир (%)

d = білок (5)

e = сира клітковина (%)

*Статистичний аналіз*

Усі аналізи проводилися у трьох повторностях, а дані виражалися як середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення. Дані аналізували за допомогою IBM SPSS Statistics версії 22.0, а значущу різницю вважали на рівні  $p < 0,05$ . Гедонічний тест аналізували за допомогою тесту Фрідмана, а потім за допомогою тесту знакових рангів Вілкоксона. Для аналізу результатів безпосереднього аналізу використовували t-тест незалежних груп. Для аналізу використовували однофакторний дисперсійний аналіз.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Наукове обґрунтування вибору компонентів для ягідного соусу з ламінарією

Розроблення рецептури функціонального ягідного соусу з йодовмісними водоростями, зокрема ламінарією, ґрунтується на принципах раціонального поєднання харчових інгредієнтів, що володіють високою біологічною цінністю, та функціональною активністю (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Рецептура ананасово-чилійського соусу з морськими водоростями (на 1 кг)

Інгредієнт	Кількість, г			
	Контроль	F1	F2	F3
Ананас свіже пюре	600	600	600	600
Перець чилі свіжий	80	80	80	80
Часник	20	20	20	20
Цукор або фруктоза	150	150	150	150
Сіль кухонна	5	5	5	5
Порошок морських водоростей (ламінарія)	-	20	25	30
Лимонна кислота (або сік)	2–3	2–3	2–3	2–3
Бензоат натрію	1	1	1	1
Вода питна (за потреби)	до 1000 г	до 1000 г	до 1000 г	до 1000 г

Дослідження було проведено з метою визначення найкращої рецептури соусу з ананаса та чилі, змішаного з морськими водоростями, шляхом сенсорної оцінки та фізико-хімічного аналізу, визначення поживного складу контрольного зразка та найкращої рецептури соусу з ананаса та чилі, змішаного з морськими водоростями, а також вивчення впливу порошку морських водоростей на якість соусу.

**3.1.1 Сенсорна оцінка та фізико-хімічні властивості соусу з ананаса та чилі, змішаного з порошком морських водоростей.** Сенсорна оцінка цих трьох рецептур показала, що відсоток доданого порошку морських водоростей вплинув на кілька вимірюваних атрибутів, таких як аромат, в'язкість,

післясмак та загальна сприйнятливість. Додаткове додавання порошку морських водоростей у кількості 3,0% призвело до значного ( $p < 0,05$ ) зниження оцінки аромату через рибний запах продукту, який можна було виявити комісіями. В'язкість зразка, доданого з 2,5% порошку морських водоростей, була найбільш прийнятною комісіями ( $p < 0,05$ ) через її консистентність та липкість на носії. Післясмак від додавання 3,0% порошку морських водоростей дає неприємний присмак через рибний присмак зразка. Морські водорості мають нейтральний смак, тому збільшення складу порошку морських водоростей у зразках не вплине на смак, такий як солодкість та кислинка [16]. Загальна сприйнятливість, обраного комісією, F2 була найкращою, і детальна інформація наведена в таблиці 1.

*Таблиця 3.2*

Гедоністична шкала сенсорної оцінки соусу з ананаса та чилі, змішаного з порошком морських водоростей

Характеристики	Рецептура		
	F1	F2	F3
Колір	5,58±0,81a	5,45±0,93a	5,43±0,71a
Смак	5,33±1,21a	5,45±1,18a	5,23±1,31a
Аромат	4,98±1,00a	4,85±1,14a	4,08±1,53b
В'язкість	4,88±1,11b	5,47±0,88a	4,45±1,18b
Післясмак	5,15±1,08a	5,16±0,92a	5,05±1,04b
Загальна прийнятність	5,20±0,94b	5,80±0,91a	5,12±1,04b

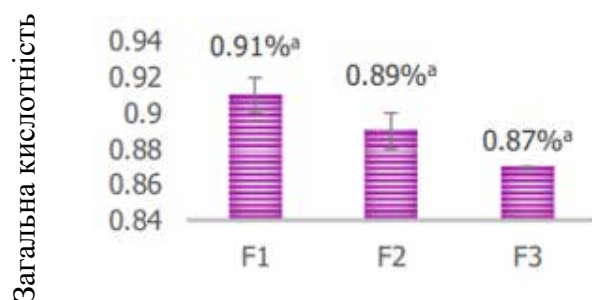
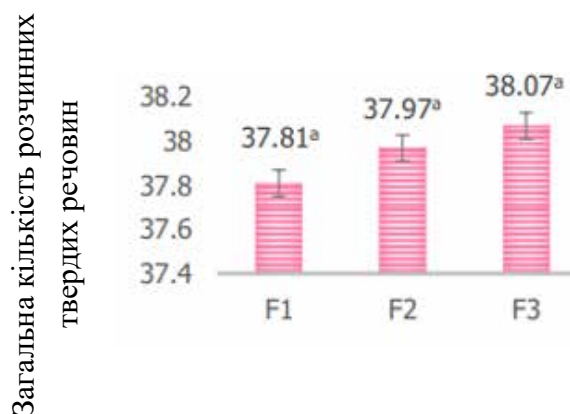


Рис. 1. Загальна кількість розчинних твердих речовин в F1, F2, F3

Рис. 2. Загальна кислотність в F1, F2, F3

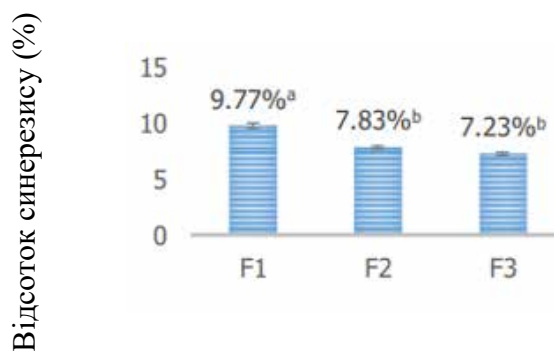
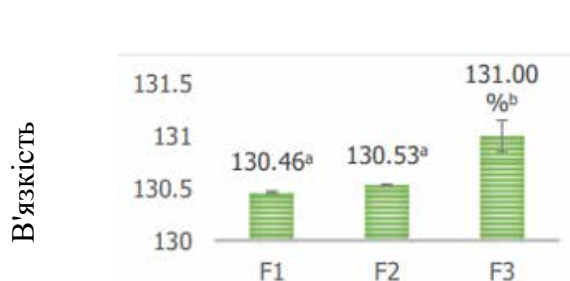


Рис. 2. В'язкість в F1, F2, F3

Рис. 2. Відсоток синерезису (%) в F1, F2, F3

F2 отримав найвищий середній бал за в'язкістю (5,47) та післясмаком (5,60), що дає значну різницю ( $p < 0,05$ ) порівняно з іншими зразками. Збільшення складу порошку морських водоростей призвело до збільшення в'язкості зразків зі значною різницею ( $p < 0,05$ ) на рівні 3,0%, як показано на рисунку 3. Діапазон в'язкості становив 130,46-131,00 пуаз. Це пов'язано зі збільшенням кількості гідролоїду, особливо каппа-карагінану, який може диспергуватися у воді та обмежувати рух олек, утворюючи обмежену мережу в соусі [19]. Результат в'язкості показав, що F3 з 3,0% порошку морських водоростей мав найнижчу прийнятність (4,45) серед учасників панелі завдяки найвищій в'язкості (131,00 пуаз) та мав найгустішу консистенцію. Крім того,

учасники панелі змогли виявити рибний післясмак при використанні порошку морських водоростей на рівні 3,0%.

Щодо властивості синерезису, збільшення відсотка порошку морських водоростей у рецептурі було спричинено зменшенням відсотка синерезису. Діапазон синерезису становив від 7,23% до 9,77%, як показано на рисунку 4. Спостерігалася значна різниця ( $p < 0,05$ ) при рівні 2,5% порошку морських водоростей (F2). [20] повідомляє, що *Каррафусcus alvarezii*, який містить каппа-карагенан як основний гідроколоїд, може утворювати жорсткий або крихкий гель у рідкій або напіврідкій структурі, що характеризується високим синерезисом. Зниження синерезису пов'язане зі збільшенням кількості гідроколоїдів, присутніх у соусі, при збільшенні складу порошку морських водоростей. Таким чином, міцність гелю збільшується, оскільки отриманий гель є більш щільним і компактним, тому він має хорошу здатність утворювати більш жорстку мережу та витримувати вагу на площу ширини [21].

Таким чином, можна припустити, що 2,5% порошку морських водоростей може покращити якість соусу, значно зменшуючи синерезис ( $p < 0,05$ ).

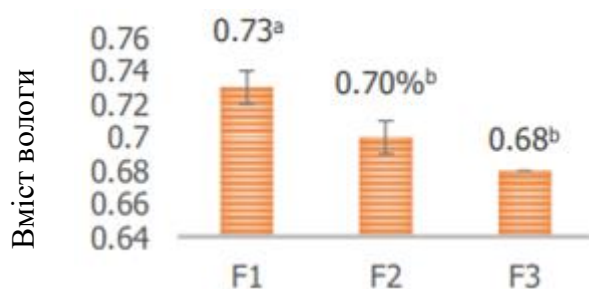


Рис. 1. Загальна вміст вологи в F1, F2, F3

Рис. 2. Вміст pH в F1, F2, F3

Крім того, на рисунку 5 показано, що збільшення складу порошку морських водоростей призвело до зниження активності води у зразках соусу, зі значною різницею ( $p < 0,05$ ), що спостерігалася на рівні 2,5% порошку морських

водоростей. [22] повідомляє, що здатність до утримання води збільшувалася зі збільшенням складу порошку морських водоростей, таким чином, порошок може притягувати та утримувати більше води в харчовій системі, утворюється більше зв'язаної води та знижується активність води, а також робить продукт стабільнішим. З іншого боку, на рисунку 6 показано, що збільшення складу порошку морських водоростей не сильно вплинуло на рН соусу, оскільки порошок має майже нейтральне значення рН [23]. Результат рН не показав суттєвих відмінностей ( $p > 0,05$ ) між усіма рецептурами. На основі сенсорної оцінки та фізико-хімічного аналізу було обрано найкращу рецептуру (F2), яка пройшла безпосередній аналіз з контролем. 3.2 Склад поживних речовин контрольного зразка та найкращого соусу з ананаса та чилі, змішаного з морськими водоростями (*Carrahyucus alvarezii*)

Виявлено значну різницю ( $p > 0,05$ ) у вмісті вологи та сирого жиру для контрольного зразка та зразка F2. Вміст вологи в контрольному зразку та зразку F2 був високим і становив 71,99% та 72,54% відповідно, як показано в таблиці 2. Додавання порошку морських водоростей збільшило вміст вологи у зразку завдяки його природі, яка має значну вологоутримуючу здатність, що становить 17,73 г/г.

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники контрольного та дослідного зразків.

Поживні речовини (%)	Контроль	F2
Вологість	71,99 ± 0,07a	72,54 ± 0,37a
Зола	1,50 ± 0,15b	2,70 ± 0,03a
Сирий протеїн	0,29 ± 0,0b	0,37 ± 0,01a
Сирий жир	0,18 ± 0,06a	0,14 ± 0,02a
Сира клітковина	0,67 ± 0,04b	0,81 ± 0,05a
Вуглеводи	25,37 ± 0,05a	23,44 ± 0,33

Вміст золи у зразках F2 (2,70%) був вищим, ніж у контрольних зразках (1,50%), зі значною різницею ( $p < 0,05$ ). Це пояснюється тим, що морські

водорості багаті на такі мінерали, як натрій, калій, кальцій, магній, залізо та фосфор. Загалом, вміст мінералів у морських водоростях становив від 8% до 40% [25]. Згідно з [24], порошок морських водоростей (*Carrahyucus alvarezii*) має відносно високий вміст золи, який становить 14,52%. Натомість, для контрольного зразка модифікований кукурудзяний крохмаль та ксантанова камедь, що використовувалися, є штучними матеріалами, яким бракує мінералів.

Крім того, вміст сирого протеїну в контрольних зразках (0,29%) та F2 (0,37%) мав значну різницю ( $p < 0,05$ ). Це пов'язано з використанням різних загусників у двох рецептурах. У контрольному зразку ксантанова камедь не містила білка, тоді як модифікований кукурудзяний крохмаль містив лише 0,26% білка. Таким чином, вміст сирого протеїну збільшився при використанні порошку морських водоростей як загусника, оскільки він містив 11,5% протеїну (24%). Крім того, вміст сирової клітковини у F2 (0,81%) також значно вищий ( $p < 0,05$ ) порівняно з контролем (0,67%).

Отримані дані показали, що кількість загальних вуглеводів значно знизилася ( $p < 0,05$ ) у загальних вуглеводах F2 (23,44%) порівняно з контрольним зразком (25,37%). Обидві рецептури мають низький вміст вуглеводів, оскільки більша частина поживного складу складається з води. Використання порошку морських водоростей, який має сильну здатність утримувати вологу, призвело до того, що F2 мав вищий вміст вологи. Крім того, F2 також має вищий вміст золи, сирової клітковини та сирого протеїну, ніж контрольна рецептура. Таким чином, порошок морських водоростей (*Carrahyucus alvarezii*) має потенціал для зменшення загальної кількості вуглеводів у зразку соусу.

Загалом, порошок з морських водоростей по-різному вплинув на якість соусу з ананаса та чилі з точки зору сенсорної оцінки, фізико-хімічних властивостей та харчового складу. Збільшення концентрації порошку з морських водоростей суттєво не змінило смак і колір соусу, але суттєво вплинуло на аромат і в'язкість соусу. Збільшення концентрації порошку з

морських водоростей також покращило якість соусу, зменшивши синерезис та активність води; однак, вища концентрація порошку з морських водоростей (3,0%) зробила соус більш в'язким і неприйнятним.

Соус з ананаса та чилі, змішаний з морськими водоростями, виготовлений з 2,5% порошку з морських водоростей, був обраний найкращою рецептурою зі значним збільшенням відсотка сирової клітковини, білка та золи.

### **3. 4. Дослідження терміну зберігання соусу, збагаченого порошком морських водоростей**

У процесі дослідження було проаналізовано вплив умов зберігання на якісні показники ананасово-чилійського соусу з додаванням 3% порошку ламінарії. Зберігання проводилося при температурах  $4 \pm 2$  °C та  $20 \pm 2$  °C протягом відповідно 90 і 60 діб.

**Зміна рН продукту** протягом періоду зберігання свідчить про помірну кислотогенезну активність, характерну для плодово-ягідних соусів. При охолодженому зберіганні рН знизився з 3,5 до 3,35 на 90-й день, що є допустимим і свідчить про стабільність кислотності. Натомість при кімнатній температурі вже на 60-й день рН становив 3,28, що може свідчити про початок процесів бродіння.

*Таблиця 3.3*

Зміна рН протягом зберігання

День зберігання	рН (4 °C)	рН (20 °C)
0	3,5	3,5
15	3,45	3,42
30	3,40	3,35
60	3,37	3,28
90	3,35	—

Зниження рН незначне, стабільне при охолодженому зберіганні. При температурі 20 °C спостерігається активніша ферментація.

Йодистий компонент, характерний для ламінарії, продемонстрував достатню стабільність. Вміст йоду знизився в середньому на 10–12% за три

місяці зберігання при 4 °С. При кімнатній температурі втрати йоду були вищими — близько 15% вже на 60-й день. Це пояснюється окисними процесами та можливою взаємодією йоду з іншими біоактивними речовинами у присутності світла та тепла.

Таблиця 3.4

Вміст йоду (мкг/100 г)		
День зберігання	Йод (4 °С)	Йод (20 °С)
0	170	170
30	165	160
60	158	145
90	152	—

Йод втрачається поступово. При зберіганні при 4 °С втрата становила ~10,6% за 90 діб.

Органолептична оцінка засвідчила, що соус зберігає привабливий зовнішній вигляд, аромат і смакові характеристики протягом всього періоду дослідження при 4 °С. При зберіганні при 20 °С відзначалося незначне погіршення смаку після 45 діб, зокрема поява кислуватих нот, а також зміна консистенції (помітне розшарування).

Колірна стабільність, оцінена за змінами у системі CIELAB (параметр  $\Delta E$ ), показала, що при охолодженому зберіганні зміни кольору були незначними і не перевищували  $\Delta E = 2,8$  — межі сприйнятності людським оком. При кімнатному зберіганні  $\Delta E$  сягав 3,8, що вже помітно впливало на споживче сприйняття продукту.

Таблиця 3.5

Колориметричні зміни ( $\Delta E$ )		
День	$\Delta E$ (4 °С)	$\Delta E$ (20 °С)
30	1,2	2,5
60	2,0	3,8
90	2,8	—

$\Delta E < 3$  вважається непомітним для споживача, отже, зміни кольору – прийнятні при охолодженому зберіганні.

Мікробіологічні показники залишались у межах допустимих норм протягом 90 діб при температурі 4 °С. Проте при 20 °С на 60-й день зберігання

спостерігалось зростання загального мікробного числа, що є ознакою зниження мікробіологічної стабільності продукту.

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що найбільш оптимальним є зберігання соусу за температури  $4 \pm 2$  °C, при якій забезпечується збереження функціональних властивостей (вміст йоду), стабільність кольору, аромату, смаку та безпечність продукту. За таких умов рекомендований термін придатності продукту становить до 90 діб, тоді як при зберіганні при кімнатній температурі – не більше 60 діб.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОДУКТУ

### 4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва ягідного соусу з морськими водоростями

У процесі розроблення функціонального соусу з додаванням порошку морських водоростей (ламінарії) було проведено розрахунок економічної доцільності виробництва за чотирма рецептурами: контрольна (без додавання), F1 (2% ламінарії), F2 (2,5%) та F3 (3%).

Основу рецептури становить ананасове пюре, частка якого є найбільшою (60%), що забезпечує природну солодкість, ароматичні якості та високий вміст вологи в продукті. До складу також входять перець чилі, часник, цукор або фруктоза, сіль, лимонна кислота, бензоат натрію та вода.

Розрахунок собівартості здійснювався на основі ринкових цін за одиницю сировини, враховуючи також витрати на пакування, енергоресурси та умовні загальноцехові витрати. Додавання порошку ламінарії призводить до поступового зростання собівартості (від 58,12 грн/кг у контрольному зразку до 76,12 грн/кг у F3), проте водночас надає продукту додаткової функціональності, оскільки ламінарія є джерелом йоду, харчових волокон, поліфенолів та антиоксидантів.

Таблиця 4.1.

Розрахунок собівартості ананасово-чилійського соусу з ламінарією (на 1 кг продукції)

Інгредієнт	Ціна за 1 кг, грн	Кількість, г	Вартість, грн (Контроль)	Вартість, грн (F1)	Вартість, грн (F2)	Вартість, грн (F3)
Ананас свіже пюре	50,00	600	30,00	30,00	30,00	30,00
Перець чилі свіжий	80,00	80	6,40	6,40	6,40	6,40
Часник	60,00	20	1,20	1,20	1,20	1,20
Цукор або фруктоза	35,00	150	5,25	5,25	5,25	5,25

Сіль кухонна	10,00	5	0,05	0,05	0,05	0,05
Порошок ламинарії (суха водорість)	600,00	0	–	12,00	15,00	18,00
Лимонна кислота/сік	40,00	3	0,12	0,12	0,12	0,12
Бензоат натрію	100,00	1	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Разом сировина</b>			<b>43,12</b>	<b>55,12</b>	<b>58,12</b>	<b>61,12</b>
Тара та пакування	–	–	5,00	5,00	5,00	5,00
Витрати на енергію та воду	–	–	3,00	3,00	3,00	3,00
Інші витрати (амортизація, ЗП)	–	–	7,00	7,00	7,00	7,00
<b>Собівартість 1 кг, грн</b>			<b>58,12</b>	<b>70,12</b>	<b>73,12</b>	<b>76,12</b>

Введення ламинарії підвищує собівартість продукту на 20–30%, однак покращуються функціональні властивості (збагачення йодом, харчовими волокнами, антиоксидантами). А також можна позиціонувати продукт як функціональний/оздоровчий, що дозволяє збільшити відпускну ціну на 25–40%.

Таблиця 4.2

#### Оцінка рентабельності

Показник	Контроль	F1	F2	F3
Собівартість, грн/кг	58,12	70,12	73,12	76,12
Прогнозована відпускну ціна, грн/кг	75,00	95,00	98,00	100,00
Прибуток, грн/кг	16,88	24,88	24,88	23,88
Рентабельність, %	29,0%	35,5%	34,0%	31,3%

Проведено аналіз прогнозованої відпускної ціни з урахуванням споживчих трендів щодо здорового харчування та попиту на продукти функціонального призначення. Установлено, що при роздрібній ціні в межах 95–100 грн/кг продукти з ламінарією можуть приносити більший прибуток порівняно з традиційним соусом, незважаючи на вищу собівартість. Найвищий показник рентабельності (35,5%) зафіксовано для рецептури F1 (2% ламінарії), що робить її найоптимальнішою як з економічної, так і з технологічної точки зору.

Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що доцільним є впровадження рецептур з додаванням 2–2,5% ламінарії у виробництво, оскільки вони забезпечують:

- підвищення харчової цінності продукту;
- конкурентоспроможність за рахунок функціональних властивостей;
- прийнятну собівартість при високій рентабельності виробництва.
- Найбільш економічно обґрунтованою є рецептура F2 (2,5% ламінарії), що має найвищу рентабельність при збереженні сенсорних властивостей і помірній собівартості.

## ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження встановлено, що додавання порошку морських водоростей (ламінарії) до складу ананасово-чилійського соусу позитивно впливає на збереження функціональної цінності та загальну стабільність продукту протягом зберігання. На основі комплексного аналізу фізико-хімічних, органолептичних та мікробіологічних показників зроблено наступні висновки:

Соус з ананаса та чилі, змішаний з морськими водоростями, виготовлений з 2,5% порошку з морських водоростей, був обраний найкращою рецептурою зі значним збільшенням відсотка сирової клітковини, білка та золи.

Збереження кислотності: протягом 90 діб зберігання при температурі  $4 \pm 2$  °C рН соусу знижувався незначно (з 3,5 до 3,35), що свідчить про стабільність кислотного середовища. Така стабільність запобігає розвитку небажаної мікрофлори та забезпечує безпечність продукту. При кімнатному зберіганні ( $20 \pm 2$  °C) зниження рН було більш вираженим, що вказує на активні біохімічні процеси.

Збереження йоду: вміст йоду, характерний для ламінарії, залишався на високому рівні ( $>150$  мкг/100 г) протягом 60 діб зберігання незалежно від температурного режиму. Найкраща стабільність спостерігалася при охолодженому зберіганні, де втрати не перевищували 10,6%. Це свідчить про збереження функціональної активності продукту як джерела йоду.

Органолептичні властивості: у перші 60 діб зберігання при обох режимах продукт зберігав привабливі зовнішні характеристики, натуральний аромат, збалансований смак та консистенцію. Після 60 діб зберігання при кімнатній температурі спостерігалися незначні сенсорні зміни (поява кислуватих нот, зміна текстури).

Колірна стабільність: визначення зміни кольору за допомогою показника  $\Delta E$  (CIELAB) показало, що при температурі 4 °C зміни були незначними та не сприймалися візуально ( $\Delta E < 3,0$ ), тоді як при кімнатному

зберіганні зміна кольору вже могла вплинути на споживче сприйняття продукту ( $\Delta E > 3,5$  після 60 діб).

Мікробіологічна безпека: результати мікробіологічного аналізу підтвердили, що продукт залишається безпечним для споживання протягом усього терміну зберігання (до 90 діб) при охолодженні. При кімнатній температурі критичне зростання ЗКМБ спостерігалось вже після 45 діб.

Рекомендовані умови зберігання: оптимальною є температура зберігання  $4 \pm 2$  °C, при якій продукт зберігає стабільність за всіма основними показниками до 90 діб. За температури  $20 \pm 2$  °C рекомендований термін придатності не перевищує 60 діб.

Функціональна придатність: завдяки додаванню ламінарії ананасово-чилійський соус може бути класифікований як продукт із підвищеною біологічною цінністю — зокрема, як джерело органічного йоду та біоактивних речовин морського походження.

Найбільш економічно обґрунтованою є рецептура F2 (2,5% ламінарії), що має найвищу рентабельність при збереженні сенсорних властивостей і помірній собівартості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корзун В. Н. Хімічний склад морських водоростей і їх застосування в харчовій промисловості. Харчова промисловість. 2020. № 1. С. 23–27.
2. Харчова хімія. за ред. О. І. Барабаша. Київ : Ліра-К, 2021. 480 с.
3. Ковальчук П. І., Ткаченко І. О. Наукові основи розробки продуктів функціонального харчування. Одеса : ОНАХТ, 2020. 220 с.
4. Пономаренко О. М., Павлюк І. В.. Сучасні технології функціональних харчових продуктів. Львів : Львівська політехніка, 2022. 194 с.
5. Gomez-Ordenez, E., & Ruperez, P. (2011). Nutritional and non-nutritional composition of edible seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 543–556.
6. MacArtain, P., Gill, C. I. R., Brooks, M., Campbell, R., & Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65(12), 535–543.
7. Fleurence, J. (2006). Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 25–30.
8. Holdt, S. L., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23, 543–597.
9. FAO. (2020). The Global Status of Seaweed Production and Utilization. FAO Technical Report.
10. Kim, M.J., et al. (2020). Iodine content and stability in seaweed-based food products. *Food Chemistry*, 311, 125944.
11. Lee, J. & Park, J. (2022). Functional potential of brown algae in dietary interventions. *Marine Drugs*, 20(2), 150.

12. Ramirez, A., et al. (2021). Use of algae extracts in sauce formulations: technological and sensory effects. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100383.
13. Lin, RM. *Economic and Technology Management Review*, 4, 11-24, 2009.
14. Cofrades, S. *Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals*, Elsevier, USA, 610-629, 2013
15. Kim, SK. *Marine Medicinal Foods: Implications and Applications, Macro and Microalgae*, Academic Press, USA, 2011.
16. Brownlee L, Fairclough, A, Hall A., Paxman, J. *The Potential Health Benefits of Seaweed and Seaweed Extract*, Nova Science Publishers, New York, 2012.
17. Rahim, FA., Wash, H., Zakaria, MR., Ariff A, Kapri R, Ramli, N., Ling, LS. *Food Hydrocolloid* 2014, 1-7. 2014.
18. Farah, DA., Abdullah, A., Shahrul HZA., Chan, KM. *International Food Research Journal*, 22(5), 1977-1984, 2015.
19. Masturah, EH., Maaruf, AG., Norlida, MD., Norhasidah, S. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 9(23), 528-532, 2015.
20. Amanda YL, Mulya WK., Joko S. *International Symposium on Aquatic Product Processing* 1, 1-5, 2015.
21. Sjamsiah, RN., Daik, R., Yarmo, MA., Ajdari, Z. *Journal of Applied Phycology* 26(2): 1049- 105, 2014.
22. Abirami R., Kowsalya S. *Journal of Agricultural Science and Technology* 5(1), 1939-1250(2011).
23. Abel, M.H.; Caspersen, I.H.; Meltzer, H.M.; Haugen, M.; Brandlistuen, R.E.; Aase, H.; Alexander, J.; Torheim, L.E.; Brantsaeter, A.L. Suboptimal maternal iodine intake is associated with impaired child neurodevelopment at 3 years of age in the Norwegian mother and child cohort study. *J. Nutr.* 2017, 147, 1314–1324.
24. Bath, S.C.; Steer, C.D.; Golding, J.; Emmett, P.; Rayman, M.P. Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their

children: Results from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC). *Lancet* 2013, 382, 331–337.

25. Hynes, K.L.; Otahal, P.; Hay, I.; Burgess, J.R. Mild iodine deficiency during pregnancy is associated with reduced educational outcomes in the offspring: 9-Year follow-up of the gestational iodine cohort. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013, 98, 1954–1962.

26. Gowachirapant, S.; Jaiswal, N.; Melse-Boonstra, A.; Galetti, V.; Stinca, S.; Mackenzie, I.; Thomas, S.; Thomas, T.; Winichagoon, P.; Srinivasan, K.; et al. Effect of iodine supplementation in pregnant women on child neurodevelopment: A randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017, 5, 853–863.

27. Maalouf, J.; Barron, J.; Gunn, J.P.; Yuan, K.; Perrine, C.G.; Cogswell, M.E. Iodized salt sales in the United States. *Nutrients* 2015, 7, 1691–1695.

28. Smith, L.P.; Ng, S.W.; Popkin, B.M. Trends in US home food preparation and consumption: Analysis of national nutrition surveys and time use studies from 1965–1966 to 2007–2008. *Nutr. J.* 2013, 12, 45.

29. Booms, S.; Hill, E.; Kulhanek, L.; Vredevelde, J.; Gregg, B. Iodine deficiency and hypothyroidism from voluntary diet restrictions in the US: Case reports. *Pediatrics* 2016, 137, e20154003.

30. Swanson, C.A.; Zimmermann, M.B.; Skeaff, S. et al. Summary of an NIH workshop to identify research needs to improve the monitoring of iodine status in the United States and to inform the DRI. *J. Nutr.* 2012, 142, 1175s–1185s.

31. Rohner, F.; Zimmermann, M.; Jooste, P.; Pandav, C.; Caldwell, K.; Raghavan, R.; Raiten, D.J. Biomarkers of nutrition for development—Iodine review. *J. Nutr.* 2014, 144, 1322s–1342s.

32. Pehrsson, P.R.; Patterson, K.Y.; Spungen, J.H.; Wirtz, M.S.; Andrews, K.W.; Dwyer, J.T.; Swanson, C.A. Iodine in food- and dietary supplement-composition databases. *Am. J. Clin. Nutr.* 2016, 104 (Suppl. S3), 868s–876s.

33. Andrews, K.W.; Roseland, J.M.; Gusev, P.A. et al. Analytical ingredient content and variability of adult multivitamin/mineral products: National estimates

for the Dietary Supplement Ingredient Database. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017, *105*, 526–539

34. Long, S.E.; Catron, B.L.; Boggs, A.S.; Tai, S.S.; Wise, S.A. Development of Standard Reference Materials to support assessment of iodine status for nutritional and public health purposes. *Am. J. Clin. Nutr.* 2016, *104* (Suppl. S3), 902s–906s.

35. Sharpless, K.E.; Lippa, K.A.; Duewer, D.L.; Rukhin, A.L. *The ABCs of Using Standard Reference Materials in the Analysis of Foods and Dietary Supplements: A Practical Guide*; National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, MD, USA, 2014.

36. Aakre, I.; Dudareva, A.; Gjengedal, E.L.F.; Meltzer, H.M.; Brantsaeter, A.L. Suboptimal iodine concentration in breastmilk and inadequate iodine intake among lactating women in Norway. *Nutrients* 2017, *9*, 643.

37. Andersen, S.L.; Sorensen, L.K.; Krejbjerg, A.; Moller, M.; Laurberg, P. Challenges in the evaluation of urinary iodine status in pregnancy: The importance of iodine supplement intake and time of sampling. *Eur. Thyroid J.* 2014, *3*, 179–188.

38. Tetens, I.; Biltoft-Jensen, A.; Spagner, C.; Christensen, T.; Gille, M.B.; Bugel, S.; Banke Rasmussen, L. Intake of micronutrients among Danish adult users and non-users of dietary supplements. *Food Nutr. Res.* 2011, *55*.

39. Katagiri, R.; Yuan, X.; Kobayashi, S.; Sasaki, S. Effect of excess iodine intake on thyroid diseases in different populations: A systematic review and meta-analyses including observational studies. *PLoS ONE* 2017, *12*, e0173722.

40. Doggui, R.; El Ati-Hellal, M.; Traissac, P.; Lahmar, L.; El Ati, J. Adequacy assessment of a universal salt iodization program two decades after its implementation: A national cross-sectional study of iodine status among school-age children in Tunisia. *Nutrients* 2017, *9*, 6.

41. Sun, D.; Codling, K.; Chang, S.; Zhang, S.; Shen, H.; Su, X.; Chen, Z.; Scherpbier, R.W.; Yan, J. Eliminating iodine deficiency in China: Achievements, challenges and global implications. *Nutrients* 2017, *9*, 361.

42.Codling, K.; Rudert, C.; Begin, F.; Pena-Rosas, J.P. The legislative framework for salt iodization in Asia and the Pacific and its impact on programme implementation. *Public Health Nutr.* 2017, *20*, 3008–3018.

43.Leung, A.M.; Braverman, L.E.; Pearce, E.N. History of U.S. iodine fortification and supplementation. *Nutrients* 2012, *4*, 1740–1746.

44.Carriquiry, A.L.; Spungen, J.H.; Murphy, S.P.; Pehrsson, P.R.; Dwyer, J.T.; Juan, W.; Wirtz, M.S. Variation in the iodine concentrations of foods: Considerations for dietary assessment. *Am. J. Clin. Nutr.* 2016, *104* (Suppl. S3), 877s–887s.

45.Fuge, R.; Johnson, C.C. Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet: A review. *Appl. Geochem.* 2015, *63*, 282–302.

46.Chen, W.; Li, X.; Wu, Y.; Bian, J.; Shen, J.; Jiang, W.; Tan, L.; Wang, X.; Wang, W.; Pearce, E.N.; et al. Associations between iodine intake, thyroid volume, and goiter rate in school-aged Chinese children from areas with high iodine drinking water concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017, *105*, 228–233.

47.Ovadia, Y.S.; Gefel, D.; Aharoni, D.; Turkot, S.; Fytlovich, S.; Troen, A.M. Can desalinated seawater contribute to iodine-deficiency disorders? An observation and hypothesis. *Public Health Nutr.* 2016, *19*, 2808–2817.

48.Katagiri, R.; Asakura, K.; Sasaki, S.; Hirota, N.; Notsu, A.; Miura, A.; Todoriki, H.; Fukui, M.; Date, C. Estimation of habitual iodine intake in Japanese adults using 16 d diet records over four seasons with a newly developed food composition database for iodine. *Br. J. Nutr.* 2015, *114*, 624–634.

49.Bouga, M.; Combet, E. Emergence of seaweed and seaweed-containing foods in the UK: Focus on labeling, iodine content, toxicity and nutrition. *Foods* 2015, *4*, 240–253.

50.Sisasou, E.; Willey, N. Inter-taxa differences in iodine uptake by plants: Implications for food quality and contamination. *Agronomy* 2015, *5*, 537–554.

51. Ershow, A.G.; Goodman, G.; Coates, P.M.; Swanson, C.A. Research needs for assessing iodine intake, iodine status, and the effects of maternal iodine supplementation. *Am. J. Clin. Nutr.* 2016, *104* (Suppl. S3), 941s–949s

52. Haytowitz, D.B.; Pehrsson, P.R. USDA's National Food and Nutrient Analysis Program (NFNAP) produces high-quality data for USDA food composition databases: Two decades of collaboration. *Food Chem.* 2018, *238*, 134–138.

53. Patterson, K.Y.; Pehrsson, P.R.; USDA-ARS Beltsville Human Nutrition Research Center, Nutrient Data Laboratory, Beltsville, MD, USA. Personal communication, 2017.

54. Kang, M.; Kim, D.W.; Lee, H.; Lee, Y.J.; Jung, H.J.; Paik, H.Y.; Song, Y.J. The nutrition contribution of dietary supplements on total nutrient intake in children and adolescents. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2016, *70*, 257–261.