

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАТАЦІЇ ТА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОВОЧЕВИХ ПАСТ З ЙОДОВМІСНОЮ СИРОВИНОЮ

Паламарек К. В.

1. Вступ

На сьогоднішній день структура харчування населення має суттєві відхилення від формули збалансованого харчування, перша за все, за рівнем споживання вітамінів, мінеральних речовин, в т. ч. йоду. Це обумовлює формування факторів ризику для розвитку аліментарних і аліментарнозалежних захворювань.

Для профілактики захворювань, обумовлених дефіцитом йоду, перспективним є підвищення його вмісту у харчових продуктах. Це можна зробити за допомогою комплексного використання дієтичних добавок, харчової сировини і функціональних інгредієнтів, в яких йод знаходиться у органічно зв'язаному стані та в сукупності зі своїми синергістами.

Гідробіонти є цінною сировиною, резервом йоду та нутрієнтів-синергістів, в якій йод знаходиться в органічно зв'язаному стані. Додатковим джерелом вітамінів групи В, для ефективного засвоєння йоду, є інактивовані дріжджі, а для тирозину та кальцію – сирні продукти – бринза та сир кисломолочний. Рослинна сировина збалансовує смакові властивості, поліпшує харчову та біологічну цінність продукту. Отже, комплексне використання зазначеної сировини у харчовій композиції дозволить створити харчовий продукт з достатнім вмістом йоду у зв'язаній з органічними сполуками формі та іншими синергістами йоду із функціонально-технологічними властивостями.

У зв'язку з вищевикладеним, актуальним є створення нової кулінарної продукції з підвищеним вмістом біодоступного йоду шляхом розроблення технологій овочевих паст, які передбачають використання йодовмісної сировини та інших фізіологічно-функціональних інгредієнтів з певними біологічно-функціональними властивостями.

Наукове обґрунтування, розроблення і впровадження новітніх технологій кулінарних виробів з використанням сировини природного походження є актуальним і сприятиме реалізації загальнодержавної програми «Здоров'я 2020: український вимір» на 2012–2020 рр. [1].

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження – технологія овочевих паст з йодовмісною сировиною.

Для математичного моделювання харчових композицій (рис. 1) встановлено обмеження за вмістом у готовому виробі збагачувальних мікронутрієнтів та інгредієнтів (з урахуванням попередніх технологічних відпрацювань, вимог нормативної документації).

Встановлено, що молочний білок після вживання утворює необхідні для зв'язування йоду амінокислоти. У зв'язку з цим, як основу рослинно-білкового структурованого продукту запропоновано використовувати у складі харчових композицій наведені білоквмісні продукти (рис. 1), що дозволить збагатити їх ефективними йодобілковими зв'язками.

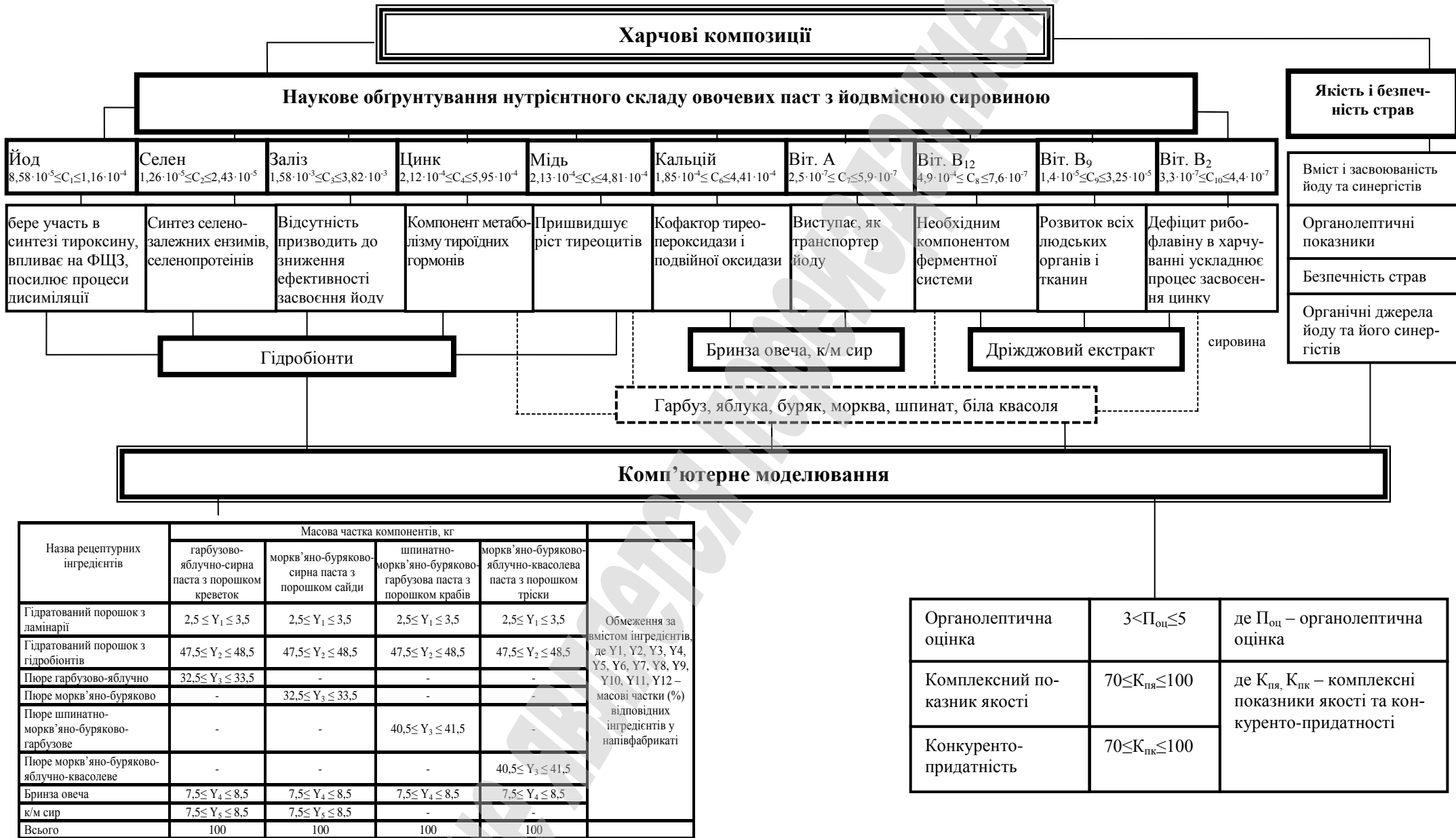


Рис. 1. Блок-схема моделювання нутрієнтного складу харчових композицій

Кількість порошків з гідробіонтів для введення в харчові композиції обмежена, адже за даними дослідів збільшення вмісту сировини негативно впливає на органолептичні показники готових страв.

Технологічний процес приготування овочевих паст з йодовмісною сировиною супроводжується фізико-хімічними та механічними процесами, які впливають на їх реологічні характеристики. Фізико-хімічні показники паст залежать від сировини, внесених добавок та параметрів технологічного процесу. Реологічні властивості характеризуються ефективною граничною напругою зсуву та адгезією.

Одним з найбільш проблемних місць є собівартість йодовмісної сировини, а саме порошків з гідробіонтів. Порівняння ціни порошків з гідробіонтів з ціною традиційної сировини показало, що вони є недостатньо конкурентоспроможними, оскільки перевищують традиційну.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є гідратація та формування структурно-механічних властивостей овочевих паст з йодовмісною сировиною.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Експериментально обґрунтувати технологічні властивості та структурно-механічні характеристики овочевих паст при різних гідромодулях обводнення порошків гідробіонтів та ламінарії.
2. Дослідити вплив тривалості набрякання порошків гідробіонтів та ламінарії на властивості паст.
3. Обґрунтувати вплив концентрації гідратованих порошків ламінарії та гідробіонтів на структурно-механічні показники овочевих паст.
4. Визначити раціональний вміст гідратованих порошків з ламінарії та гідробіонтів.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Світова практика свідчить про те, що крім масового йодування солі існує ще й збагачення йодом багатьох харчових продуктів та сировини. Не дивлячись на існування на ринку різних продуктів із вмістом йоду, йодний дефіцит існує.

Серед основних напрямлень щодо подолання йодного дефіциту в харчуванні застосовують методи індивідуальної, групової та масової йодної профілактики [1–3].

Щодо масової йодної профілактики, то її вважають одним із продуктивних і економічних методів подолання дефіциту йоду. Цей метод досягається шляхом додавання солей йоду (йодиду і йодату калію) та харчових біологічно активних речовин, які містять йод в органічній формі, в найбільш розповсюджені харчові продукти: хліб, кухонну сіль, воду. Цей метод профілактики називається «німим» – споживач може і не знати, що споживає харчові продукти, збагачені йодом [4].

В Індії основним напрямком Національної програми боротьби з зобом (NIDDCP) є збагачення загальної солі йодистим калієм [5].

За даними моніторингу щодо 11–15-річної йодної профілактики гіпотиреозу йодованою сіллю або таблетками йоду, у США, Австралії, Німеччині спостерігається збільшення випадків гіпертиреозу [6]. З цієї ж причини в Данії продаж йодованої солі обмежений [7].

Численні праці вчених підтверджують, що при деяких захворюваннях вживання кухонної солі протипоказане, тому для певної категорії населення вищезазначені джерела йоду є неприйнятними [8, 9]. Споживання йодованої солі, у окремих категорій населення, може викликати гіпертиреоз. Це пов'язано з тим, що добову потребу в йоді забезпечує споживання 3–5 г йодованої солі, а практичний досвід показує, що більшість людей має схильність до вживання надлишкової кількості солі [10].

В гідробіонтах спостерігається найбільший вміст йоду, тоді як в наземних продуктах харчування його мало. Тому в усьому світі ведуться пошуки та технологічні розробки створення спеціальних йодовмісних продуктів.

Під час патентного пошуку та перегляду аналітичної літератури, було знайдено відомості щодо розробки з йодуванням масла, молочних продуктів, плавлених сирів, борошна, дріжджів, кондитерських та м'ясних виробів [7, 11, 12].

До недоліків відомих способів відноситься те, що йод в них знаходиться як компонент механічної суміші, а не в зв'язаному стані з компонентами продукту. А включення йоду в живильне середовище для росту дріжджів може змінити їх метаболізм.

Провідними науковцями було розроблено:

- технологічний регламент отримання нового виду молочно білкової пасти «Морська», збагаченої йодом та іншим мінеральними речовинами, що містяться в морській капусті, а також незамінними амінокислотами сироваткових білків. Досліджено закономірності формування комбінованого молочно-білкового продукту профілактичного призначення на основі сиру з додаванням морської капусти [13];

- технологію йодованої вареної ковбаси «Рассказовская нова». Для приготування вареної ковбаси використовували білково-жирову емульсію ізольованого соєвого білка, який розчиняли у розчині йодиду калію. Доведено, що застосування білково-жирової емульсії, збагаченої йодом скорочує виробничий цикл на 24 год, покращує консистенцію і підвищує вихід готового продукту на 4–5 %. При цьому на 23–25 % забезпечується добова потреби людини в йоді [14];

- наступні рецептури кулінарних виробів і технології їх виробництва на основі морської капусти: салати «Морські тропіки», «Тритон», «Самурай» і «Дуо». Обґрунтовано та експериментально доведено вплив нових внесених інгредієнтів на поліпшення ліпідних, мікробіологічних, органолептичних характеристик продукції. Під дією антисептичних властивостей васабі і лимонної кислоти відбувається, в процесі зберігання, запобігання мікробного псування продукту, стабілізація процесу гідролізу та окислення ліпідів, гідролізу білків, і як наслідок, збереження смакових показників вихідного продукту [15];

- технологію внесення йодиду калію в тісто при виробництві хліба. Це дослідження вказує на те, що втрати йоду під час йодування хліба йодидом калію становлять не менше 60 % [16].

Враховуючи вище викладене можна зробити висновок, що розроблено великий асортимент йодованої кулінарної продукції, але для кращого засвоєння йоду організмом необхідно вживати його у комплексі з синергістами, що не враховувалося розробниками у вище зазначеній кулінарній продукції.

5. Методи досліджень

Дослідження структурно-механічних властивостей овочевих паст з йодовмісною сировиною проводили на вимірювальному комплексі «Фізична лабораторія ІТМ» (Україна), з датчиком сили цифрового динамометра із ціною поділки 0,5 мН та верхньою межею вимірювання 3Н. Період вимірювання – 0,05 с. Дані вимірювань виводять у вигляді графіку у координатах «сила/час».

Адгезію визначали методом відриву полірованого диску із нікель-залізного сплаву діаметром 20 мм. На горизонтальний зріз продукту опускається динамометр із нерухомо закріпленим диском із нержавіючої сталі без отворів. Диск вдавлюється в продукт на 0,5–1,0 мм, при цьому значення сили лежать поза межею вимірювання динамометра. Після 2–3 с вдавлювання динамометр з диском повільно піднімали та фіксували значення сили кожні 0,05 с.

Максимальне значення сили, поділене на площу контакту адгезива із субстратом, буде дорівнювати адгезії продукту, яку визначали за формулою:

$$\omega_a = -\frac{4(F_{\text{нік}} - P_{\text{доод}})}{\pi d^2}, \quad (1)$$

де $F_{\text{нік}}$ – пікове значення сили при відриві диску, мН; d – діаметр диску (21,7 мм); π – 3,14; $P_{\text{доод}}$ – додаткове (некомпенсоване) значення ваги індентора, мН [17].

Вимірювання граничної напруги зсуву здійснювали за допомогою динамометричного датчика з діапазоном вимірювань 0,001 ÷ 50 Н, ціна поділки динамометра 0,000313 Н, абсолютна похибка окремого вимірювання складає не більше $\pm 0,000014$ Н. Період вимірювання – 50 мс. Дані вимірювань виводять у вигляді графіку у координатах «сила/час».

Дві плоско паралельні пластинки шириною (b) 17,5 мм, товщиною (d) 0,3 мм та висотою (глибиною занурення) 15 мм, а також відстанню між пластинками 7,4 мм, опускаються в досліджуваний зразок. За максимальним значенням сили (F), при витягуванні пластинок визначаємо граничну напругу зсуву (θ). Швидкість зсуву визначаємо із аналізу графіків (0,002 м – час витягування зразка, с).

Гранична напруга зсуву (ГНЗ) в залежності від швидкості зсуву визначається за формулою:

$$\theta_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{нік}} - P_{\text{доод}}}{4bh}, \quad (2)$$

де $F_{\text{нік}}$ – пікове значення сили при витягуванні індентора (плоско-паралельних пластинок), мН;

$P_{\text{доод}}$ – додаткове (некомпенсоване) значення ваги індентора, мН. Вага індентора компенсується спеціальними налаштуваннями на універсальному вимірювальному комп'ютерному приладі, проте занадто складно компенсувати вагу у межах ± 15 мН. Окрім того на таке точне значення має суттєвий вплив вага залишків продукту на інденторі, що змінюється після кожного досліджу;

b – ширина пластинок (середнє значення), мм;

h – глибина занурення пластинок (середнє значення), мм [18].

Вологоутримуючу здатність (ВУЗ) визначали як різницю між масовою часткою вологи у продукті та кількістю вологи, видаленої у процесі теплової обробки [19]. Наважку фаршу 4...6 г рівномірно наносили скляною паличкою на внутрішню поверхню широкої частини молочного жироміру, закривали пробкою та прогрівали на водяній бані при температурі 100 °С протягом 15-60 с.

Вологоутримуючу здатність визначали за формулою (%):

$$ВУЗ = B - ВВС, \quad (3)$$

$$ВВС = anm^{-1} \cdot 100, \quad (4)$$

де B – загальна масова частка вологи у наважці, %; $ВВС$ – кількість вологи, видаленої у процесі теплової обробки, %; a – ціна ділень жироміру, $a=0,01 \text{ см}^3$; n – число ділень на шкалі жироміру; m – маса наважки, г.

В результаті проведеного попереднього аналізу [20] визначено доцільність сумісного використання рослинних та білкових інгредієнтів, а також інактивованих дріжджів у складі овочевих паст, що дозволить забезпечити високу біологічну цінність продукту і високий рівень засвоєння йоду.

Для створення технології овочевих паст передбачено використання пюре гарбузово-яблучне, моркв'яно-бурякове, шпинатно-моркв'яно-буряково-гарбузове, моркв'яно-буряково-яблучно-квасолеве як основного компонента, а йодовмісну сировину (гідратованих порошоків з ламінарії та гідробіонтів), бринзу овечу та сир к/м – як додаткового.

Проектування рецептур овочевих паст з йодовмісною сировиною необхідно здійснювати з огляду реалізації їх технологічних та органолептичних властивостей, за рахунок введення до складу овочевих паст наведених рецептурних компонентів.

В якості контролю використовували овочеву пасту функціонального призначення [21].

Попередніми дослідженнями було встановлено, що введення порошоків гідробіонтів та ламінарії не дозволяє отримати пасти однорідної консистенції. Внаслідок великої гігроскопічності порошки гідробіонтів та ламінарії відразу ж утворюють грудки, які навіть при тривалому перемішуванні нерівномірно розподіляються за масою пасти.

В результаті проведених досліджень [22] встановлено залежності технологічних і структурно-механічних властивостей порошоків гідробіонтів та ламінарії від гідромодуля і тривалості набрякання. У зв'язку з цим порошки гідробіонтів та ламінарії обводнювали при гідромодулі від 1:1 до 1:7.

6. Результати досліджень

Дослідження показали, що при обводнюванні до гідромодуля 1:4 продукт мав недостатньо обводнену неоднорідну консистенцію з включенням сухих грудочок. Збільшення гідромодуля понад 1:7 призводить до відділення вологи і отриманню продукту надмірно текучої консистенції. На рис. 2 наведено результати дослідження впливу гідромодуля порошку ламінарії до інактивованих дріжджів та порошку гідробіонтів до води на технологічні властивості паст.

Встановлено (рис. 2), що використання:

- порошку ламінарії з гідромодулем від 1:4 до 1:5 призводить до підвищення показника вологозв'язуючої здатності (ВЗЗ) паст на 1,6...2,2 % і подальшого зниження до значення 94,3 % при гідромодулі 1:7;
- порошку гідробіонтів до води з гідромодулем від 1:5 до 1:6 призводить до підвищення показника ВЗЗ паст на 3,3...4,2 % і подальшого зниження до значення 72,3 % при гідромодулі 1:7.

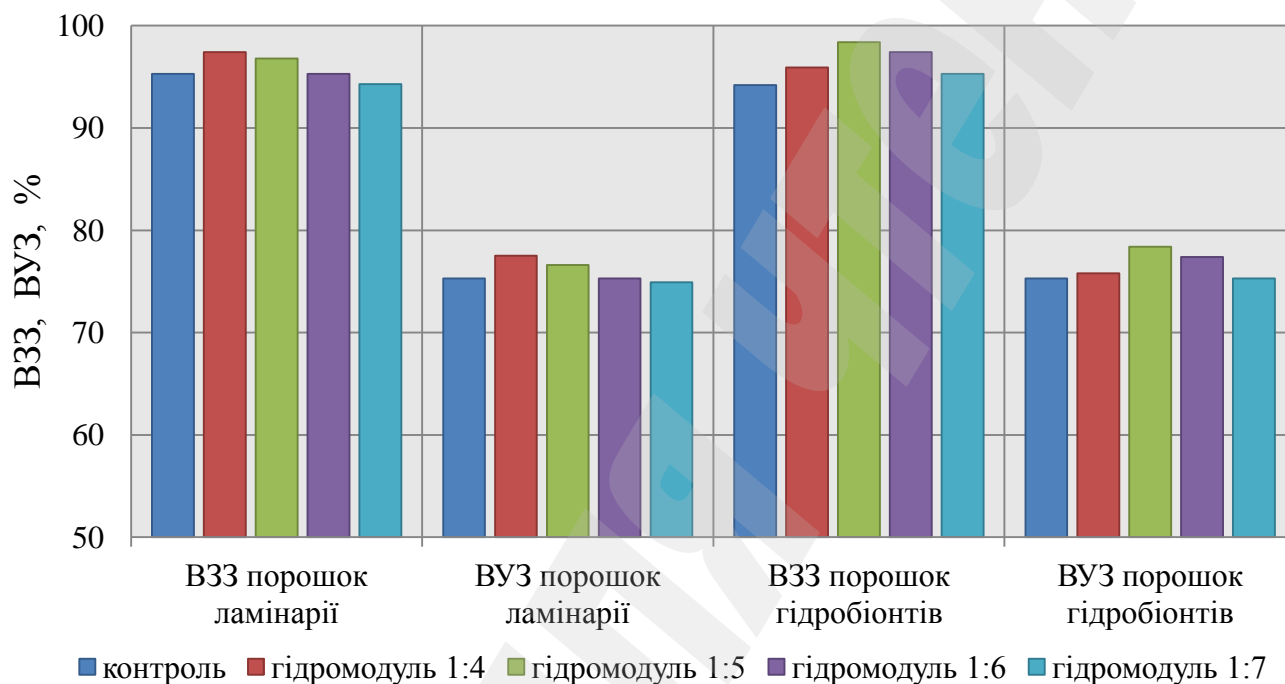


Рис. 2. Технологічні властивості овочевих паст при різних гідромодулях обводнення порошоків гідробіонтів та ламінарії

Показник паст ВУЗ порошоків гідробіонтів та ламінарії з гідромодулем від 1:6 до 1:7 та з гідромодулем від 1:4 та 1:7 відповідно, практично не відрізняються від контролю. При цьому використання порошку ламінарії з гідромодулем від 1:4 до 1:5 та використання порошку гідробіонтів з гідромодулем від 1:5 до 1:6 призводить до підвищення цього показника на 1,7...2,8 % та 2,7...3,9 % відповідно.

На рис. 3 наведені результати дослідження впливу гідромодуля порошку гідробіонтів до води та порошку ламінарії до інактивованих дріжджів на структурно-механічні характеристики паст.

Результати досліджень показали, що підвищення гідромодуля порошку ламінарії до інактивованих дріжджів та порошку гідробіонтів до води понад 1:4 та 1:5 відповідно призводить до зниження значень структурно-механічних характеристик паст. Так, при збільшенні гідромодуля порошку ламінарії до інактивованих дріжджів з 1:4 до 1:7 відзначено зниження граничної напруги зсуву на 3,5–11,1 %, відповідно адгезійна властивість (АВ) на 1,6...19,6 %. При збільшенні гідромодуля порошку гідробіонтів до води – з 1:5 до 1:7 відзначено зниження граничної напруги зсуву 5–13 %, відповідно адгезійна властивість на 3,1...21,2 %, що обумовлено послабленням зв'язків між компонентами паст.

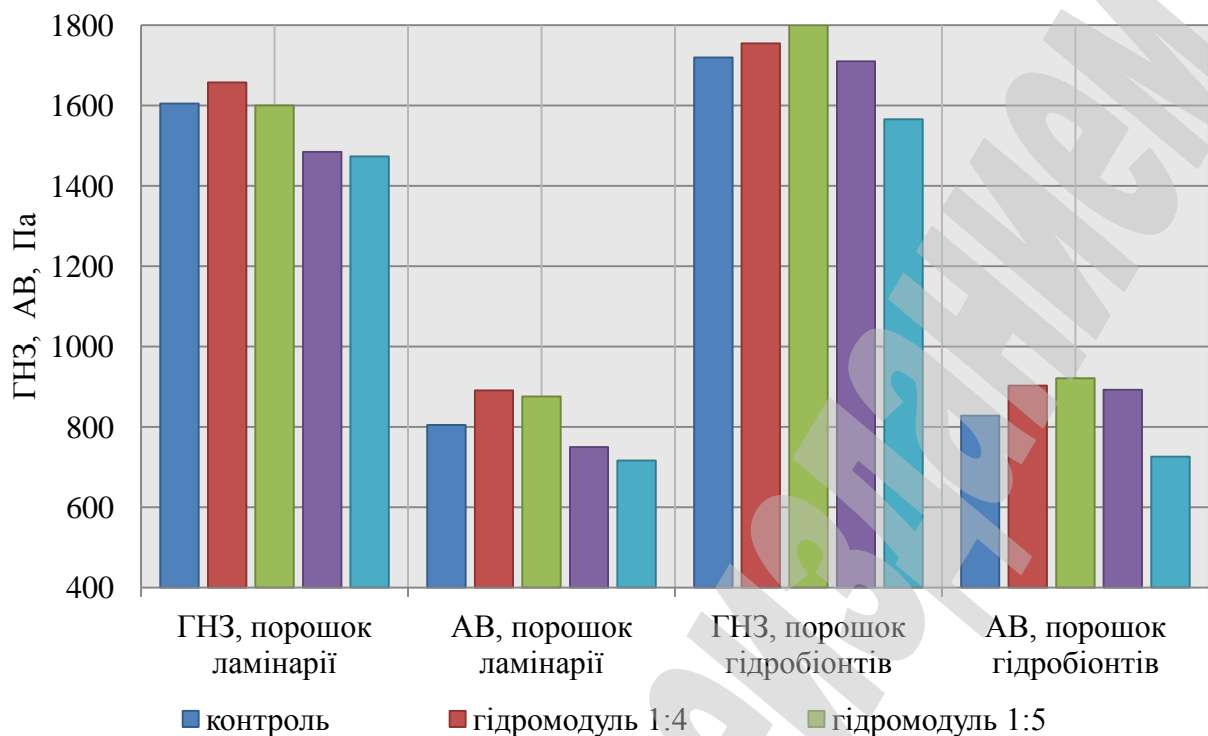


Рис. 3. Структурно-механічні характеристики овочевої пасти при різних гідромодулях обводнення порошків гідробіонтів та ламінарії

Далі вивчали вплив тривалості набрякання порошків гідробіонтів та ламінарії на властивості паст. Для дослідження використовували овочеві пасти, в яких використовували порошки гідробіонтів та ламінарії, обводнені при гідромодулі 1:4 та 1:5 відповідно. При цьому тривалість набрякання порошків гідробіонтів та ламінарії варіював від 0 до $9 \cdot 10^2$ с.

У табл. 1 наведені результати дослідження впливу тривалості набрякання порошків гідробіонтів та ламінарії на технологічні властивості овочевих паст.

Таблиця 1

Вплив тривалості набрякання порошків гідробіонтів та ламінарії на технологічні властивості овочевих паст

Зразок	ВЗЗ, %	ВУЗ, %
Контроль (овочева паста функціонального призначення)	95,3	72,3
Зразок № 1 (без набрякання порошку ламінарії)	97,4	74,3
Зразок № 2 (тривалість набрякання порошку ламінарії $3 \cdot 10^2$ с)	97,9	74,8
Зразок № 3 (тривалість набрякання порошку ламінарії $6 \cdot 10^2$ с)	98,4	75,1
Зразок № 4 (тривалість набрякання порошку ламінарії $9 \cdot 10^2$ с)	98,4	75,1
Зразок № 1 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів)	97,9	76,8
Зразок № 2 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів $3 \cdot 10^2$ с)	99,5	77,3
Зразок № 3 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів $6 \cdot 10^2$ с)	98,9	78,6
Зразок № 4 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів $9 \cdot 10^2$ с)	99,9	77,6

Встановлено, що збільшення тривалості набрякання порошку ламінарії призводить до зростання показника ВЗЗ паст на 2,2–3,3 % та порошку гідробіонтів – на 2,7–4,8 %, а показника ВУЗ на 2,8–3,8 % та 6,2–7,3 % відповідно. При

цьому найбільш високими технологічними показниками володіє паста з порошком ламінарії, який набрякає протягом $6 \cdot 10^2$ с та з порошком гідробіонтів – протягом $9 \cdot 10^2$ с. Подальше збільшення тривалості набрякання порошоків гідробіонтів та ламінарії практично не впливає на ці показники.

Встановлено (табл. 2), що показник АВ паст збільшується залежно від варіюваних факторів. Мінімальні зусилля відриву (811 Па) відзначено у контролі.

Таблиця 2

Вплив тривалості набрякання порошоків гідробіонтів та ламінарії на структурно-механічні характеристики овочевих паст

Зразок	ГНЗ, Па	АВ, Па
Контроль (овочева паста функціонального призначення)	1555	811
Зразок № 1 (без набрякання порошку ламінарії)	1605	869
Зразок №2 (тривалість набрякання порошку ламінарії $3 \cdot 10^2$ с)	1615	891
Зразок № 3 (тривалість набрякання порошку ламінарії $6 \cdot 10^2$ с)	1658	897
Зразок № 4 (тривалість набрякання порошку ламінарії $9 \cdot 10^2$ с)	1660	900
Зразок № 1 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів)	1607	871
Зразок № 2 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів $3 \cdot 10^2$ с)	1617	893
Зразок № 3 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів $6 \cdot 10^2$ с)	1640	899
Зразок № 4 (тривалість набрякання порошку гідробіонтів $9 \cdot 10^2$ с)	1660	900

Подовження тривалості набрякання порошоків гідробіонтів та ламінарії призводить до збільшення поверхні контакту пасти і пластини «структурометра» і свідчить про посилення міжмолекулярної взаємодії (сил зчеплення) на поверхні розділу. При цьому відзначено зростання показника АВ порошку ламінарії на 7,1–10,9 % та порошку гідробіонтів на 7,4–10,9 %, що вказує на збільшенні липкості пасти, поліпшення стійкості пасти при формуванні і транспортуванні.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш високими технологічними показниками володіють зразки овочевих паст, в яких використовувався порошок ламінарії з гідромодулем 1:4 та порошок гідробіонтів з гідромодулем 1:5, які набрякають протягом $6 \cdot 10^2$ с та $9 \cdot 10^2$ с відповідно.

При визначенні раціональної кількості гідратованих порошоків з гідробіонтів та ламінарії звертали увагу на зміни структурно-механічних і органолептичних показників (табл. 3, рис. 4).

Таблиця 3

Характеристики зразків залежно від концентрації порошоків

Зразки	Вміст гідробіонтів, %	Вміст ламінарії, %	Зразки	Вміст гідробіонтів, %	Вміст ламінарії, %
1	16	1	4	40	2,5
2	24	1,5	5	48	3
3	32	2	6	56	3,5

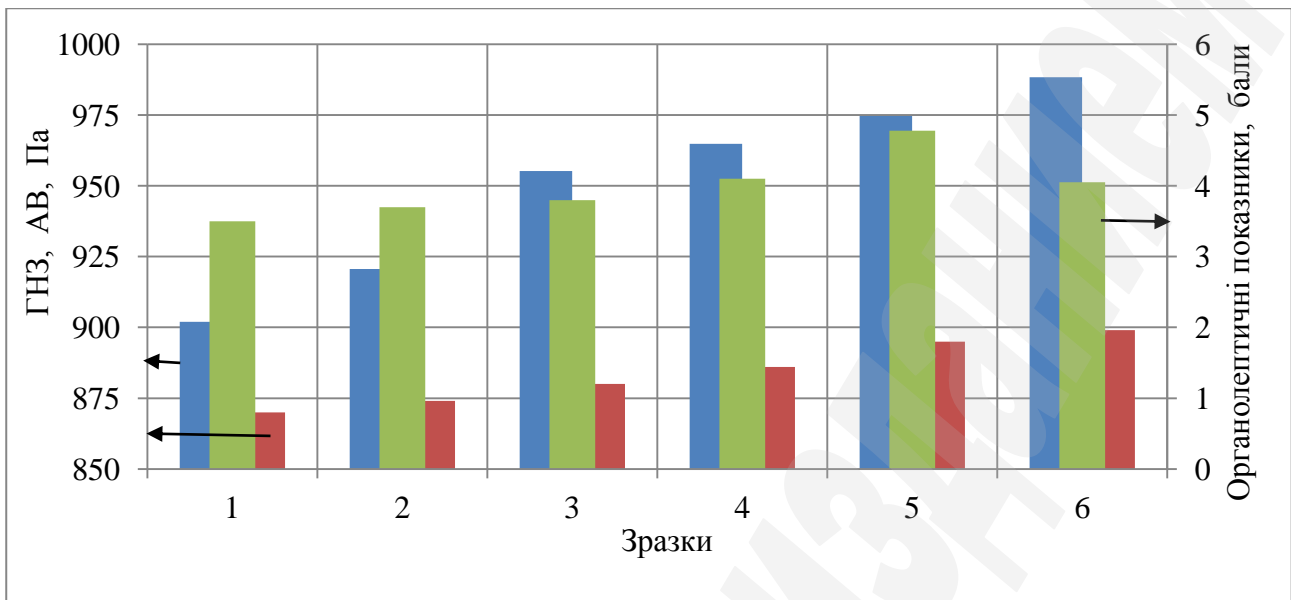


Рис. 4. Вплив концентрації гідратованих порошків ламінарії та гідробіонтів на структурно-механічні показники овочевих паст: ■ – гранична напруга зсуву (ГНЗ), Па; ■ – адгезійна властивість (АВ), Па; ■ – органолептичні показники, бали

Встановлено, що структурно-механічні та органолептичні показники паст змінюються залежно від концентрації порошків. Мінімальні зусилля відриву 870 Па, органолептична оцінка – 3,5 балів та ГНЗ – 1506,00 Па відзначено у пастах з концентрацією гідратованих порошків ламінарії та гідробіонтів 16 г та 1 г відповідно (рис. 4). Збільшення концентрації порошків призводить до збільшення поверхні контакту пасту і пластини «структурометра» і свідчить про посилення міжмолекулярної взаємодії (сил зчеплення) на поверхні розділу, що і відзначається підвищенням органолептичних показників. При цьому відзначено зростання показника АВ паст при концентрації гідратованого порошку ламінарії 3 г та гідратованого порошку гідробіонтів 48 г на 2,8 %, а також зростання органолептичного показника до найвищого значення 4,78 балів. Це вказує на збільшенні липкості пасту, поліпшення стійкості пасту при формуванні і транспортуванні.

Для більш точного визначення раціональної кількості гідратованих порошків гідробіонтів та ламінарії використовували математичний метод, де за критерій оптимізації був прийнятий комплексний показник якості ($K_{ня}$). Цей показник охоплював такі властивості: органолептичну оцінку, вміст синергістів йоду та фізико-хімічні показники (гранична напруга зсуву, адгезія).

Шляхом математичної обробки експериментальних даних визначено рівняння регресії, які описують однофакторний простір залежності $K_{ня}$ від концентрації гідратованих порошків з гідробіонтів та ламінарії у овочевих пастах (рис. 5, 6).

Так збільшення вмісту гідратованої ламінарії понад 3 % та гідратованих порошків з гідробіонтів понад 48 % погіршувало смак, запах і консистенцію паст. Графічна залежність комплексного показника якості від концентрації гідратованих порошків ламінарії та гідробіонтів графічно зображено на рис. 5, 6.

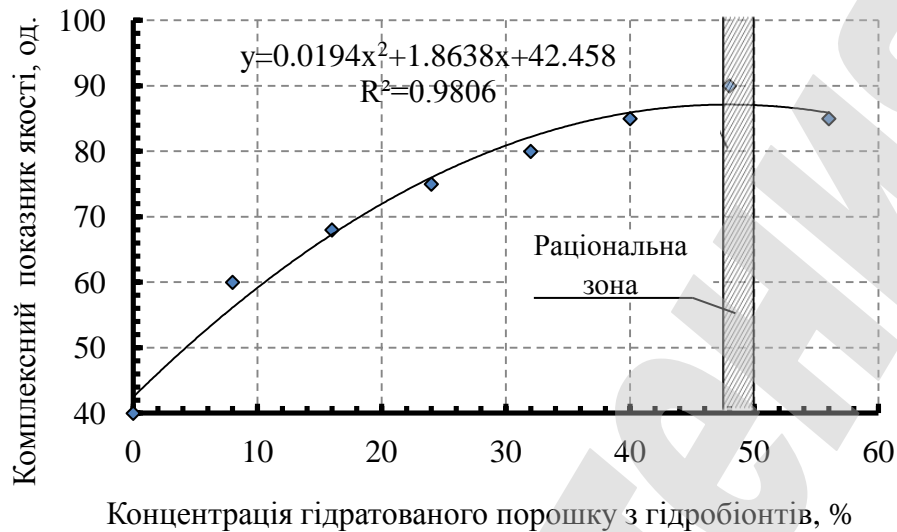


Рис. 5. Раціональний вміст гідратованого порошку з гідробіонтів

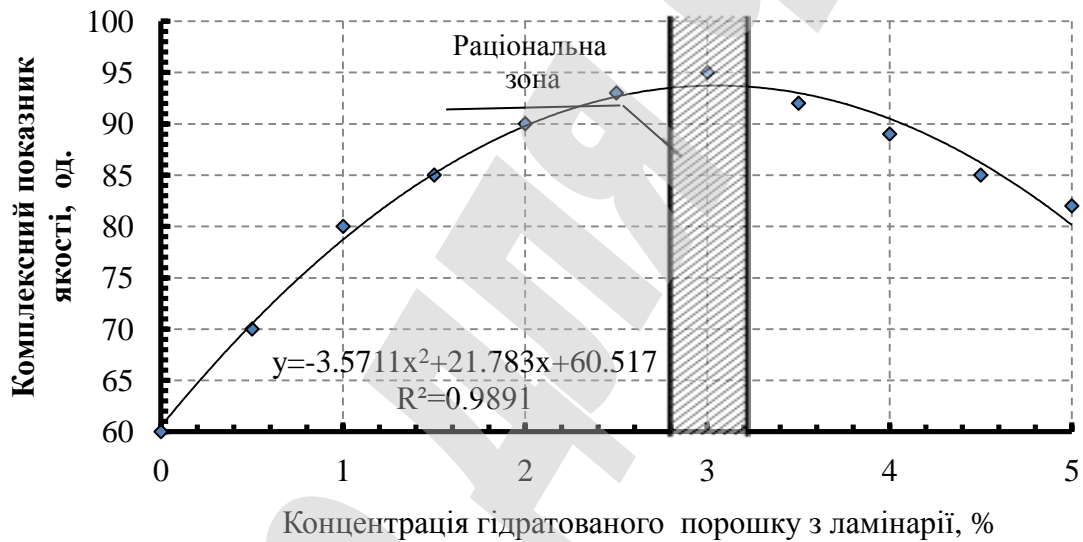


Рис. 6. Раціональний вміст гідратованого порошку з ламінарії

Залежність між концентрацією гідратованого порошку з гідробіонтів і комплексним показником якості описується наступним рівнянням:

$$Y = -0,0194x^2 + 1,8638x + 42,45, \quad (5)$$

де x – концентрація гідратованого порошку з гідробіонтів, %;

Y – комплексний показник якості паст, од.

Звідси визначаємо точку екстремуму даної функції:

$$\max \{-0,0194x^2 + 1,8638x + 42,45\} = \frac{169196761}{1940000} \text{ at } x = \frac{9319}{194},$$

$$Y(\max) = 48,03.$$

Залежність між концентрацією гідратованого порошку з ламінарії і комплексним показником якості описується наступним рівнянням:

$$Y = -3,5711x^2 + 21,783x + 60,517, \quad (6)$$

де x – концентрація гідратованого порошку з ламінарії, %; Y – комплексний показник якості паст, од.

Звідси визначаємо точку екстремуму даної функції:

$$\max \{-3,5711x^2 + 21,783x + 60,517\} = \frac{6694740619}{71422000} \text{ at } x = \frac{108915}{35711},$$

$$Y(\max) = 3,04.$$

Отже, раціональний вміст гідратованої ламінарії складає 3,0 % та гідратованих порошоків з гідробіонтів – 48 %.

У результаті дослідження встановлено концентрацію гідратованих порошоків з гідробіонтів та ламінарії, що дозволяють отримати овочеві пасту з йодовмісною сировиною з функціонально-технологічними властивостями.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. На основі серії попередніх досліджень і з урахуванням даних, було обґрунтовано і розроблено інгредієнтний склад овочевих паст з підвищеним вмістом йоду та нутрієнтів-синергістів на основі використання білкової і рослинної сировини.

Ціллю реологічних досліджень являлося проектування рецептур овочевих паст з йодовмісною сировиною із заданими органолептичними показниками, що максимально задовольняють вимогам збалансованого складу йоду та його синергістів, та мають реологічні властивості, оптимальні для пастоподібних мас.

Проведені дослідження дозволили розробити рецептурний склад та технологічний процес одержання рулетів з овочевою пастою з йодовмісною сировиною, який закріплено в затверджених технічних умовах: ТУ У 10.8-05476322-002:2013 «Вироби кулінарні. Рулети з овочевими начинками» та технологічна інструкція до ТУ У 15.8-32214657-003:2010 «Вироби кулінарні. Рулети з овочевими начинками».

Weaknesses. Як зазначалося вище, використання сухих порошоків з гідробіонтів у виробництві пастоподібних комбінованих продуктів підвищить собівартість продукту.

Opportunities. Але використання сухих порошоків також дозволить максимально спростити та скоротити технологію приготування при одночасному поліпшенні органолептичних та підвищенні фізико-хімічних показників якості готової продукції. Так як високий вміст вологи в гідробіонтах є причиною їх нестійкості при зберіганні, внаслідок бактеріального, ферментативного та хімічного псування.

Консистенція розроблених овочевих паст дає змогу використовувати їх для приготування бутербродів, оздоблення бенкетних холодних закусок, як фарші і начинки для сирних, картопляних рулетів, борошняних виробів та ін.

У процесі виконання досліджень було встановлено, що соціальний ефект впровадження проведених розробок у практику полягає у наступному:

- розширення асортименту кулінарної продукції з підвищеним вмістом йоду та збалансованим нутрієнтним складом;
- підвищення харчової цінності кулінарної продукції;
- профілактику ендемічних захворювань;
- підвищення продуктивності, поліпшення умов праці та культури виробництва у закладах ресторанного господарства.

Threats. Практичне використання розробленої продукції виявило необхідність розрахунку економічних показників, які підтверджують економічну ефективність від впровадження розроблених виробів. Тож, порівняння ціни овочевих паст з ціною традиційних виробів показало, що вона є недостатньо конкурентоспроможною, оскільки перевищує традиційну. Проте, при визначенні конкурентоспроможності нових виробів слід врахувати, що вони мають більш високі якісні характеристики.

8. Висновки

1. Експериментально обґрунтовано технологічні властивості та структурно-механічні характеристики овочевих паст при різних гідромодулях обводнення порошків гідробіонтів та ламінарії. Використання порошку ламінарії з гідромодулем від 1:4 до 1:5 та використання порошку гідробіонтів з гідромодулем від 1:5 до 1:6 призводить до підвищення технологічних властивостей овочевих паст на 1,7...2,8 % та 2,7...3,9 % відповідно.

2. Виявлено, що збільшення тривалості набрякання порошків гідробіонтів та ламінарії призводить до підвищення міцності властивостей досліджуваних паст. Це підтверджується зростанням показника ГНЗ на 3,2–6,7 % та 3,3–6,7 % відповідно порівняно з контролем і вказує на утворення пружно-в'язкої структури.

3. Показано, що структурно-механічні показники овочевих паст підвищуються при концентрації гідратованого порошку ламінарії 3 г та гідратованого порошку гідробіонтів 48 г на 2,8 %, а органолептичний показник зростає до найвищого значення 4,78 балів. Це вказує на збільшення липкості пасти, поліпшення стійкості пасти при формуванні і транспортуванні.

4. Визначено, що раціональний вміст гідратованих порошків з ламінарії та гідробіонтів становить 3 та 48 % відповідно.

Література

1. Pro skhvalennia kontseptsii zahalnodержavnoi prohramy «Zdorovia 2020: ukraïnskyi vymir» [Electronic resource]: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine from October 31, 2011 No. 1164-p. – Available at: \www/URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1164-2011-p>
2. Antsiferov, M. B. Organizatsiia osnovnyh meropriiatii po profilaktike zbolevanii, obuslovlennyh defitsitom ioda [Text] / M. B. Antsiferov, N. Yu. Sviridenko, N. H. Filatov // Klinicheskaia tireoidologija. – 2004. – Vol. 2, No. 2. – P. 18–21.

3. Sviridenko, N. Yu. Ioddefitsitnye zabolevaniia. Epidemiologiia, metody diagnostiki, profilaktiki i lecheniia [Text]: Thesis of the Doctor of Medical Sciences: 14.00.03 / N. Yu. Sviridenko. – Moscow, 1999. – 264 p.
4. Tronko, N. D. Kakie metody iodnoi profilaktiki naibolee predpochtitel'ny? [Text] / N. D. Tronko, G. A. Gerasimov, V. I. Kravchenko // Vse, chto vy hoteli by znat' o ioddefitsitnyh zabolevaniiah i iodirovannoi soli. – Kyiv, 2004. – P. 29–30.
5. Teas, J. Iodine in dietary seaweeds: metabolism and possible Public Health Concerns [Text] / J. Teas, A. Critchley, S. Pino, L. Braverman // XVII International Seaweed Symposium, January 28 – February 2, 2001. – Cape Town, South Africa, 2001. – 181 p.
6. Burgi, H. The Toxicology of Iodate: A Review of the Literature [Text] / H. Burgi, T. Schaffner, J. P. Seiler // Thyroid. – 2001. – Vol. 11, No. 5. – P. 449–456. doi:[10.1089/105072501300176408](https://doi.org/10.1089/105072501300176408)
7. Shchepliagina, L. A. V XX veke bez iodnogo defitsita. Programma deistvii dlia pravitel'stvennyh i nepravitel'stvennyh organizatsii [Text] / L. A. Shchepliagina // Zdorov'e dlia vseh – Vse dlia zdorov'ia v Rossii (Seriia dokladov po politike v oblasti ohrany zdorov'ia naseleniia). – 2000. – No. 6. – P. 119–122.
8. Arsenieva, L. Yu. Dosvid i perspektyvy zbahachennia khliba yodom [Text] / L. Yu. Arsenieva, L. O. Herasymenko, M. M. Antoniuk // Problemy kharchuvannia. – 2004. – No. 1. – P. 35–43.
9. Britov, A. N. Protivorechiia i puti resheniia federal'nyh tselevykh programm profilaktiki defitsita ioda i arterial'noi gipertonii [Text] / A. N. Britov, A. F. Tsyb, R. G. Oganov et al. // Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Sotsial'no-meditsinskie aspekty sostoianiiia zdorov'ia i srede obitaniia naseleniia, prozhivaiushchego v ioddefitsitnyh regionah Rossii i stran SNG». – Tver', 2003. – P. 33–36.
10. Delange, F. Optimal Iodine Nutrition during Pregnancy, Lactation and the Neonatal Period [Text] / F. Delange // International Journal of Endocrinology and Metabolism. – 2004. – No. 2. – P. 1–12.
11. Korzun, V. N. Ekoloho-higienichni problemy kharchuvannia naselennia pivnichnykh rehioniv Ukrainy [Text] / V. N. Korzun, I. P. Los, P. V. Zamostian et al. // Higiena naselennykh mist. – 2003. – Vol. 42. – P. 442–448.
12. Beliaeva, N. A. Pishchevaia dobavka iod-aktiv v profilaktike i lechenii endemicheskogo zoba [Text] / N. A. Beliaeva, A. F. Tsyb, V. V. Shahtarin et al. // Materialy mezhhregional'nogo seminaru «Metodologiia razrabotki i realizatsii regional'nykh programm «Zdorovoe pitanie»». – Tver', 2001. – P. 110–113.
13. Egushova, E. A. Razrabotka i issledovanie tehnologii molochno-belkovoii pasty, obogashchennoi yodom [Text]: PhD thesis: 05.18.04 / E. A. Egushova. – Kemerovo, 2002. – 18 p.
14. Leskova, S. Yu. Razrabotka tehnologii iodirovannykh belkovo-zhirovyykh emul'sii dlia proizvodstva varennykh kolbas [Text]: PhD thesis: 05.18.04 / S. Yu. Leskova. – Ulan-Ude, 2005. – 120 p.
15. Boeva, A. Yu. Formirovanie uluchshennykh potrebitel'skikh svoistv kulinarnykh izdelii na osnove morskoi kapusty putem sovershenstvovaniia ih sostava i tehnologii proizvodstva [Text]: PhD thesis: 05.18.15 / A. Yu. Boeva. – Moscow, 2010. – 230 p.
16. Haldimann, M. Iodine content of food groups [Text] / M. Haldimann, A. Alt, A. Blanc, K. Blondeau // Journal of Food Composition and Analysis. – 2005. – Vol. 18, No. 6. – P. 461–471. doi:[10.1016/j.jfca.2004.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.06.003)
17. Gorbatov, A. V. Strukturno-mekhanicheskie harakteristiki pishchevykh produktov [Text] / A. V. Gorbatov, S. A. Machihin. – Moscow: Legkaia promyshlennost', 1982. – 296 p.

18. Hartman, K. Planirovanie eksperimenta v issledovanii tehnologicheskikh protsessov [Text] / K. Hartman, Ye. Letskii, V. Shefer. – Moscow: MIR, 1977. – 552 p.

19. Antipova, L. V. Metody issledovaniia miasa i miasnyh produktov [Text] / L. V. Antipova, I. A. Glotova, I. A. Rogov. – Moscow: Kolos, 2004. – 571 p.

20. Peresichnyi, M. Recipe optimization of vegetable pasta with iodine-containing raw material [Text] / M. Peresichnyi, K. Palamarek // Technology Audit and Production Reserves. – 2016. – Vol. 2, No. 4 (28). – P. 11–17. doi:[10.15587/2312-8372.2016.65317](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.65317)

21. Vegetable paste of functional purpose [Electronic resource]: Patent UA 73970 U / Bilenka I. R., Bulansha N. A., Melnyk O. S.; assignee: Odessa National Academy of Food Technologies. – Appl. No. u201204488; Filed April 9, 2012; Publ. October 10, 2012, Bull. No. 19. – Available at: \www/URL: <http://uapatents.com/4-73970-ovocheva-pasta-funkcionalnogo-priznachennya.html>

22. Peresichnyi, M. I. Funktsionalno-tehnolohichni vlastyvoli yodovmisnoi syrovyny ta ekstraktu inaktyvovanykh drizhdzhiv [Text] / M. I. Peresichnyi, K. V. Palamarek // Visnyk Lvivskoi komertsiinoi akademii. Seriiia tovaroznavcha. – 2016. – Vol. 16. – P. 63–68.