

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Кочубей-Литвиненко О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ковбаса В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 181 «Харчові технології» _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів

на тему: Дослідження впливу кукурудзяного та тапіокового крохмалю на якісні показники тіста та низькобілкового печива

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТХ-2-4М

_____ Богатирьова Єлизавета Валеріївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Дорохович Вікторія Віталіївна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 р.

АНОТАЦІЯ

Богатирьова Елизавета Валеріївна. Дослідження впливу кукурудзяного та тапіокового крохмалю на якісні показники тіста та низькобілкового печива

Магістерська робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології», спеціалізацією «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». Національний університет харчових технологій, Київ 2021.

Робота присвячена дослідженню впливу кукурудзяного та тапіокового крохмалю на якісні показники тіста та низькобілкового печива, в рецептурах яких застосовуються такі структуроутворювачі, як карбоксиметилцеллюлоза, мальтодекстрин, ксантанова камедь.

Метою досліджень є розробка рецептури низькобілкового печива, яке б могли споживати хворі на фенілкетонурію. Встановлено раціональне співвідношення структуроутворювачів камеді ксантана та карбоксиметилцеллюлози, досліджено вплив структуроутворювачів та крохмалів у різних співвідношеннях на органолептичні, фізикохімічні та структурно-механічні властивості низькобілкового тіста та готових виробів. Досліджено вплив структуроутворювачів та крохмалю у різних співвідношеннях на зберігання готових виробів. Робота викладена на 120 сторінках, містить 33 таблиці та 25 рисунків.

Ключові слова: низькобілкове печиво, КМЦ, карбоксиметилцеллюлоза, камедь ксантана, мальтодекстрин, структуроутворювач, фенілкетонурія, фенілаланін, структуроутворення, флоу-пак.

ANNOTATION

Yelyzaveta Bohatyrova. Study of the influence of corn and tapioca starch on the quality of dough and low-protein cookies

Master's thesis for master's degree in specialty 181 "Food technologies", specializations "Technologies of bread, confectionery, pasta and food concentrates". National University of Food Technologies, Kiev 2021.

The work is devoted to the study of the influence of corn and tapioca starch on the quality of dough and low-protein cookies, in the recipes of which such structuring agents as carboxymethylcellulose, maltodextrin, xanthan gum are used.

The aim of the research is to develop a composition for low-protein biscuits that can be consumed by patients with phenylketonuria. A rational relationship between the structure formers of xanthan gum and carboxymethylcellulose was established, the influence of structurants and starches in different ratios on organoleptic, physicochemical and structural-mechanical properties of low-protein dough and finished products has been studied. The influence of structurants and starch in different ratios on the storage of finished products has been studied. The work is described in 120 pages, contains 33 tables and 25 drawings.

Key words: low-protein biscuits, CMC, carboxymethylcellulose, xanthan gum, maltodextrin, structure-forming agent, phenylketonuria, phenylalanine, structure formation, flow-pack.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
Розділ 1. Фенілкетонурія. Загальна характеристика.....	8
1.1. Проблематики захворювання на фенілкетонурію.....	8
1.2. Розробки низькобілкового печива в Україні та закордоном.....	9
1.3. Характеристика сировини яку доцільно застосовувати в низькобілковому печиві.....	14
Розділ 2. Об'єкти та методи досліджень.....	23
2.1. Об'єкти досліджень.....	23
2.2. Блок-схема досліджень.....	30
2.3. Методи досліджень.....	32
Розділ 3. Науково-дослідна частина.....	38
3.1. Розроблення рецептурних композицій низькобілкового печива.....	38
3.2. Дослідження тістових мас для низькобілкового печива	41
3.3. Формування печива.....	45
3.4. Визначення раціональних параметрів термооброблення.....	46
3.5. Визначення структурних і фізико-хімічних показників низькобілкового печива.....	52
3.6. Дослідження сорбційно-десорбційних властивостей низькобілкового печива.....	55
3.7. Розрахунок харчової, енергетичної цінності, кількості білка і фенілаланіна	59
3.8. Оцінювання показників якості низькобілкового печива за комплексним показником.....	64
Розділ 4. Технологічна частина.....	69
4.1. Розрахунок рецептури.....	69
4.2. Продуктовий розрахунок.....	69
4.3. Підбір і розрахунок технологічного обладнання.....	72
4.4. Обґрунтування та опис технологічної схеми та параметрів виробництва низькобілкового печива.....	73

4.5. Оптимізація процесу термооброблення низькобілкового печива.....	77
Розділ 5. Соціально-економічна ефективність роботи.....	82
Загальні висновки.....	90
Список використаної літератури.....	92
Додатки.....	98

ВСТУП

В даний час стан здоров'я українського населення погіршується. Збільшилися такі захворювання, як діабет, целиакія та фенілкетонурія. Людям з цими захворюваннями потрібні спеціальні дієти. Фенілкетонурія – спадкове захворювання, яке характеризується головним чином ураженням нервової системи внаслідок потрапляння фенілаланіну (ФА) в кров. Дієта пацієнтів з фенілкетонурією повинна бути строго обмежена кількістю природного білка, оскільки він містить фенілаланін. Для харчування пацієнтів існує спеціальна білкова суміш, яка не містить фенілаланіну. Велика частина основних сировинних інгредієнтів які входять до рецептур борошняних кондитерських виробів містять амінокислоту фенілаланін. Виходячи з цього, борошняні та ячні продукти не можна використовувати в продуктах для пацієнтів з фенілкетонурією. Низькобілкова дієта дозволяє утримувати концентрацію ФА в сироватці крові хворого на безпечному для ЦНС рівні. [2].

Тому існує проблема пошуку інгредієнтів, які допоможуть сформувати необхідну структуру продукту для отримання смакових характеристик.

За кордоном є багато розробок з білковим печивом з низьким вмістом білка, але їх рецепти - це «запатентована технологія». В Україні такого печива не виробляють. Останніми роками світовий ринок нових технологій та продуктів харчування демонструє тенденцію збільшення кількості високоякісних нових продуктів, спрямованих на попередження різних захворювань та підвищення захисних можливостей організму. Одним з таких типів є розробка формули бісквіту з низьким вмістом білка для пацієнтів з фенілкетонурією. [1].

Відповідно до ДСТУ 7346 борошняні кондитерські вироби (ВКВ) для спеціальних дієтичних цілей поділяються на дві категорії: продукти для здоров'я (функціональні продукти харчування) та дієтичні продукти. Перший призначений для всіх здорових людей. Другий - для пацієнтів. Дієтичний ВСВ включає продукти для пацієнтів з фенілкетонурією. Склад їх рецепта повинен

відповідати наступним вимогам: Вміст білка в 100 г готового продукту (печиво, вафлі) не перевищує 1% [3].

Отже, існує необхідність розроблення та удосконалення технології низькобілкового печива, з метою створення раціонального співвідношення рецептурних компонентів, яке задовольняло б всі вимоги органолептичних, фізико-хімічних показників та структурно-механічних властивостей, для споживання хворим на фенілкетонурию.

РОЗДІЛ 1. ФЕНІЛКЕТОНУРІЯ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1. Проблематики захворювання на фенілкетонурію

На теперішній час стан здоров'я населення України погіршується. Спостерігається збільшення таких захворювань як цукровий діабет, целиакія, фенілкетонурія. Особи, хворі на зазначені захворювання потребують особливих раціонів харчування. В раціонах харчування хворих на фенілкетонурію повинно бути жорстко обмежена кількість природнього білка, оскільки він містить фенілаланін. Для харчування хворих існують спеціальні білкові суміші до складу яких фенілаланін не входить.

Велика частина основних сировинних інгредієнтів які входять до рецептур борошняних кондитерських виробів містять в своєму складі амінокислоту фенілаланін. Виходячи з цього, застосовувати борошно та яйцепродукти в виробках для хворих на фенілкетонурію не можна. Тому виникає питання пошуку компонентів, які будуть сприяти утворенню необхідної структури виробів, створювати смакові властивості.

За кордоном існують ряд розробок низькобілкового печива, але рецептури їх є «ноу-хау». В Україні таке печиво не виробляють і робота з розроблення низькобілкових «борошняних» кондитерських виробів тільки починається. Захворювання, під час яких показано харчування безбілковими продуктами, перш за все, пов'язані з порушеннями обміну амінокислот. Одним із таких захворювань є фенілкетонурія [1].

Фенілкетонурія ("фенілфеніл -" - з фенілаланіну, "-кетон -" - з кетону, "-урин" -виділення метаболітів із сечею) - генетичне захворювання, спричинене дефектом гена цього ферменту Фенілаланінгідроксилаза розташована на довгій руці хромосоми 12 (12q 22-24). Діти з фенілкетонурією не можуть метаболізувати фенілаланін (частина білка), який накопичується в крові. Така велика кількість фенілаланіну може перешкоджати нормальному розвитку мозку. Без лікування це призведе до розумової відсталості. Спадкові захворювання в основному характеризуються ураженням нервової системи. Фенілаланін (ФА) - це екзогенна незамінна амінокислота, необхідна для

нормального росту і розвитку, і вона надходить в організм з їжею. У пацієнтів з ФКУ дозу фенілаланіну слід обмежувати певним діапазоном, залежно від толерантності людини до ФА.

Низькобілкова дієта дозволяє підтримувати концентрацію ФА в сироватці крові пацієнта на безпечному рівні для ЦНС. Цей рівень є визначеним для кожної вікової групи [2]. В різних країнах світу кількість хворих на фенілкетонурію різна. В таблиці 1.1 наведено дані щодо захворюваності.

Таблиця 1.1. Частота захворюваності на фенілкетонурію за даними масового скринінгу [3,39].

Країна	Кількість хворих	Країна	Кількість хворих
Канада	1:25000	Німеччина, Чехія	1:7000
Ізраїль	1:19000	Україна	1:5570
Китай	1:16500	Польща	1:5000
Швейцарія	1:16000	Ісландія	1:4500
США	1:8000	Туреччина	1:2600

Отже, з наведених статистичних даних можна зробити порівняння кількості людей хворих на фенілкетонурію в Україні та в Польщі. В Польщі людей з таким захворюванням приблизно як в Німеччині, проте виробництво харчових продуктів спеціального призначення, а саме для хворих на дане захворювання, розвинене та широко представлене на ринку. Тож існує необхідність впровадження аналогічних виробництв, зокрема харчової продукції спеціального призначення.

1.2. Розробки низькобілкового печива в Україні та закордоном

Вчені з усього світу активно працюють над розробкою дієтичного харчування [4].

На території нашої держави є продукти харчування з низьким вмістом калорій, низьким глікемічним індексом та для хворих на целиакію. Однак практично не розвивається дієтичне харчування для пацієнтів з фенілкетонурією.

Практично єдиною виявленою розробкою кондитерських виробів з низьким вмістом білка є розробка проф. Технологія Дорохович Вікторія Віталіївна печиво з низьким вмістом білка застосовується для хворих на фенілкетонурію. Інформація про розробку подається у формі автореферату кандидата технічних наук. [5].

Крім того, О. Муляр, науковець Національного університету харчових технологій. Шидловська та Т. Ічченко розробили зразки низькобілкового печива з волоськими горіхами та насінням соняшнику, але такі продукти містять фенілаланін, а кількість хворих на фенілкетонурію обмежена. Вчені Центру харчових наук і практики Національної академії наук Білорусі розробили рецепти, положення та технічні документи на виробництво хлібобулочних виробів, солодошів з низьким вмістом білка, сухих харчових сумішей для випікання печива та тістечок та каш на сніданок. Всі складні технічні та рецептурні склади продукту зберігаються в таємниці. В Україні немає виробництва продуктів харчування для хворих на фенілкетонурію. На відміну від нашої країни, в Європейському Союзі та США вироблений білок є низьким.

Переважна більшість наукових розробок, пов'язаних з низькобілковими хлібобулочними виробами та борошняними кондитерськими виробами, належать приватним компаніям, що спеціалізуються на виробництві харчових продуктів, тому в літературі майже немає інформації щодо моделювання структури та механічних властивостей традиційних напівфабрикатів і низький урожай.

У літературі наводяться довідкові матеріали для визначення вмісту фенілаланіну в різних харчових продуктах та добавках. Департамент сільського господарства, рибальства та продовольства Великобританії опублікував першу інформацію про вміст фенілаланіну в продуктах харчування в 1980 році. Вміст фенілаланіну в 1200 різних продуктах визначали, виходячи із вмісту білка, однак вони не аналізували фактичний вміст амінокислот у їжі. Серед них багато фруктів, овочів та їжі придатні для особистого споживання в Пекінському університеті. У 2006 році Weetch та MacDonald надали дані про вміст

фенілаланіну у невідомих та унікальних фруктах та овочах. Продукти з низьким вмістом фенілу включають маніоку, селеру, огірок, гарбуз, гарбуз із спагетті, консервованій абрикос, слива, грейпфрут, виноград, диню, манго, мангостін, апельсин, персик, ананас, слива, ревінь, сацума та кокосове молоко. Не рекомендується вживати велику кількість продуктів, що не містять фенілаланіну на основі цукру, цукерок або жирних продуктів, тому рекомендуються інші інгредієнти, що не містять білків [6].

Продукти для пацієнтів з ФКУ виготовляються двома різними способами:

1) Їжа та напої містять усі основні поживні речовини, крім фенілаланіну. Ці продукти бувають різних форм, включаючи деякі готові до вживання батончики та порошки, які можна змішувати з певними напоями, такими як вода або сік.

2) Змініть склад їжі, щоб зменшити вміст фенілаланіну. Вони отримуються гідролізом вмісту білка або використанням сировини з низьким вмістом фенілаланіну. Поліпшена їжа може задовільно замінити звичайну їжу, яку пацієнти з фенілкетонурією не повинні їсти, або дозволяти лише невеликі кількості у своєму щоденному раціоні. Приклади таких продуктів включають замітники м'яса та сиру; схеми; макарони; випічка, печиво, піца, суміші для випічки [7]. Борошняні цукерки є важливою складовою щоденного раціону і їх можна придбати у різних формах на полицях супермаркетів. Незважаючи на різноманітність борошняних продуктів, люди, які страждають порушеннями обміну речовин, все ще стикаються з певними обмеженнями при споживанні цих продуктів. Через високий вміст фенілаланіну в борошні вони можуть використовувати лише спеціальні продукти на основі крохмалю.

Різні частини зерен мають різний амінокислотний склад. Частина клейковини має високий вміст глютамінової кислоти, проліну та фенілаланіну, тоді як низький вміст лізину, аргініну, треоніну та триптофану. Ця тенденція повністю відрізняється від метаболічно активних білків з вищим вмістом аргініну та лізину, вміст фенілаланіну, проліну та глютамінової кислоти в останніх значно знижується. У 2010 році Собхі М. Мохсен запропонував видалити глютен з борошна, щоб зменшити фенілаланін. Однак функціональні характеристики

(випічка) значно зменшились. На основі цих висновків Собхі М. Мохсен розробив спеціальний хліб з низьким вмістом білка, використовуючи пшеничне борошно без гліадину. Питома вага і вага цього виду хліба нижчий, ніж звичайного пшеничного хліба [6].

Японські вчені на чолі з Хаяо Міядзакі порівняли гідроксипропілований, ацетильований та фосфорильований модифікований крохмаль тапіоки з природним крохмалем тапіоки як замітник пшеничного борошна. Вони виявили, що гідроксипропілювання, ацетилювання та фосфорилування крохмалів уповільнюють процес ретроградації. При використанні сильно гідроксипропілованого крохмалю тапіоки можна досягти найкращого ефекту уповільнення процесу ретроградації [7]. Огляд літератури вказує, що відсутність клейковини у рецептурах хліба призведе до зниження якості та обсягу продукції, а також до липкої та грубої текстури. Для поліпшення якості готового продукту та отримання тіста зі стабільною та однорідною структурою, будь ласка, використовуйте жувальну гумку та поверхнево-активні речовини [8].

У світовій практиці для позначення спеціальної продукції при етикетуванні виробів прийнято застосовувати різні символи (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Спеціальні символи на етикетках для позначення дієтичних продуктів

						
Продукти для хворих на ФКУ	Продукти без глютену (Gluten free)	Продукти без лактози, без молока	Продукти без яєць	Діабетичні продукти	Продукти без сої	Продукти без зернових

Оскільки безбілкова дієта пацієнтів з фенілкетонурією повинна тривати все життя, існує нагальна потреба в продуктах з низьким вмістом білка та продуктах, що не містять білків.

У зарубіжних країнах є деякі виробники, які спеціалізуються на виробництві цієї спеціальної функціональної їжі, наприклад, німецька компанія виробляє низькоцінні білкові печива як приклад. – рисунок 1.1



Рис.1.1. – Harifen – печиво з карамеллю з низьким рівнем білка

Як зазначає виробник, до складу даного печива входять такі інгредієнти: картопляний, пшеничний та тапіоковий крохмалі, соняшникове масло, цукор, клітковина (інулін), емульгатор Е-471, та Е-475 та соєвий лецитин, розпушувач (дифосфат натрію, карбонат натрію), цукрова карамель (0,4%), в якості загусника застосовують метилцелюлозу, а також до складу входить ще ароматизатор та антиоксидант (токоферол). Вартість упаковки масою 125 г печива – 3,80 євро. Вміст білка складає – 0,35 г [9].

Ще одним прикладом продукції, яку можуть споживати хворі на фенілкетонурию є печиво – АPROTEN зображене на рисунку 1.2.



Рис. 1.2. – Низькобілкове печиво АPROTEN

У виробництві даного печива було використано кукурудзяний та крохмаль тапіоки, мальтодекстрин, також пальмове масло, цукор, глюкозний сироп, мед, розпушувач – карбонат амонію, в якості загусника виробник застосував пектин,

також додав емульгатор лецитин соняшника та ароматизатори. Вартість даної упаковки печива об'ємом 180 г – 4 євро, вміст білка 1,0 г [10].

Відома також фірма PKU – що виробляє продукти харчування спеціального призначення, прикладами такої продукції може бути представлене печиво з корицею, що має у складі: кукурудзяний та тапіоковий крохмаль, рослинний жир, цукор, крохмальна патока, кориця, загусник – гуарова камедь, емульгатор, розпушувач – сода харчова. Об'єм упаковки – 150 г, вміст білка - 0,3 г, фенілаланіну – 10,2 мг в 100 г. Аналогічним представником виступає печиво пісочне, що містить у своєму складі: кукурудзяний та тапіоковий крохмалі, рослинний жир, цукор, крохмальна патока, загусник – гуарова камедь, емульгатор, розпушувач – сода харчова. Об'єм даної упаковки печива - 120 г, вміст білка - 0,3 г, фенілаланіну – 7,6 мг в 100 г [11].

Отже, проаналізувавши асортимент виробів низькобілкового печива, що представлений на ринку, можна зробити висновок, що дані продукти харчування широко розповсюджені у виробництві закордоном і взагалі не виробляються в Україні, тож існує потреба розробки та впровадження виробництва даного виду харчових продуктів. Аналіз складу продуктів показав, що в якості структуроутворювачів для виробництва низькобілкового печива застосовують гуарову камедь, пектин, мальтодекстрин. Розробка та впровадження печива з низьким вмістом білка в Україні дозволить задовольнити потребу на українському ринку та знизити собівартість продукції в порівнянні з закордонними виробниками.

1.3. Характеристика сировини яку доцільно застосовувати в низькобілковому печиві

Створення готових кондитерських виробів з борошна без білка - це складний процес, який залежить від багатьох технічних факторів. Якщо виключити зі складу формули пшеничного борошна як основу для формування безглютенового скелета, це значно ускладнює виробництво тіста із задовільними показниками якості, а в майбутньому - отримання готової продукції з високими споживчими характеристиками. Для того, щоб отримати необхідну структуру

тіста, ми спочатку повинні використовувати сировину, яка може демонструвати структурні властивості тіста та забезпечувати необхідні властивості тіста та готового продукту [7]. Загальні дані про використання певних видів інгредієнтів та їх функціональне призначення в безбілковій системі випробування хлібобулочних виробів представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Сировина, яку використовують під час виготовлення низькобілкових виробів

№ з/п	Найменування сировини	Функціональне призначення
1	Гідроколоїди: – різні види нативних та модифікованих крохмалів (кукурудзяний, картопляний, пшеничний, рисовий, тапіоковий та ін.); – загущувачі (камедь ксантану, камедь гуару, карбоксиметилцелюлоза, камедь рожкового дерева та ін.)	Основні Структуроутворювачі
2	Борошно зернових культур (пшеничне, житнє) в невеликих кількостях (5,0...10,0% до маси крохмалю)	Смакові компоненти, структуроутворювачі
3	Хімічні розпушувачі	Розпушувачі тіста
4	Сахароза, глюкоза, мальтоз	Джерела живлення дріжджів, смакові компоненти
5	Жири (олія, маргарин, вершкове масло, шортенінги)	Пластифікатори тіста
6	Харчові волокна, вітамінні та мінеральні премікси, суміші амінокислот без фенілаланіну, овочеві порошки	Збагачувальні добавки

Замість використання борошна різні види крохмалю (кукурудзяний, маніок, кукурудзяний, рисовий та картопляний) широко використовуються для виробництва борошняних продуктів з низьким вмістом білка. Крохмаль широко

використовується як основний інгредієнт для вбирання вологи в тісті. Іноді природний крохмаль не може надати тісту необхідну структуру та механічні властивості. Модифікований крохмаль використовується для отримання продуктів з низьким вмістом білка для поліпшення зовнішнього вигляду, текстури та уповільнення процесу затвердіння.

Кукурудзяний крохмаль-крохмаль, витягнутий із зерен кукурудзи. Він не містить глютену. Кукурудзяний крохмаль - це найвищий сорт крохмалю та амілопектину. Зовнішній вигляд - однорідний білий порошок зі світло-жовтим відтінком і без особливого запаху. Кукурудзяний крохмаль використовується в харчовій промисловості, особливо широко в так званій екструзії таких продуктів як печиво, сухі сніданки, макаронні вироби завдяки його ефекту до чіткого або значного розширення. У процесі приготування він використовується як заміник борошна або виготовляється з вершків, як загусник, емульгатор, як сполучна речовина, як важливий інгредієнт дитячих та дієтичних продуктів, як структура інгредієнта безбелкових продуктів. Продукт має високу енергетичну цінність. У ста грамах крохмалю більше трьохсот кілокалорій. До складу порошку входить: Вітаміни, найбільше РР. Мікроелементи, найбільше натрію. Вуглеводи і невелика кількість білків і жирів [12].

Картопляний крохмаль $(C_6H_{10}O_5)_n$ - крохмаль, витягнутий з клітин бульб картоплі. За зовнішнім виглядом це однорідний порошок, без грудочок і частинок, без особливого запаху і смаку і не розбивається при жуванні. Біло-білий колір має вищий і вищий кристалічний блиск, а світло-сірий тон - 2-й сорт. Як ми всі знаємо, картопляний крохмаль етерифікується до залишків глюкози, тоді як зерновий крохмаль не відбувається.

Картопляний крохмаль ділиться на чотири сорти: спеціальний сорт, високий сорт, перший сорт і другий сорт. Крохмаль картопляний (нативний картопляний крохмаль) є незамінним помічником у харчовій, хімічній, текстильній і паперовій промисловостях, а також в домашньому господарстві для підкрохмалення білизни, в кулінарії: для випічки, згущення соусів, приготування

киселів і т.п. Також крохмаль застосовується в технічних цілях в різних галузях промисловості [13].

Тапіоковий крохмаль - без глютену, виготовляється з використанням чистої джерельної або артезіанської води. Це дозволяє отримувати необроблений крохмаль з високим ступенем чистоти. Тапіоковий крохмаль виготовлений з маніюки, відрізняється тим, що дає прозору масу з високою в'язкістю. Залежно від концентрації, при охолодженні утворює гель або пасту. За своїми властивостями тапіоковий крохмаль дуже близький до крохмалю картопляного і застосовується в тих же галузях промисловості. Однак за окремими показниками перевершує крохмаль картопляний: за рахунок меншої вологості (на 6-7 %) вміст крохмалю в товарній масі більше, тапіоковий крохмаль має меншу зольність і тому вважається найчистішим крохмалем [14].

Застосовується в багатьох рецептах безглютенової випічки для надання привабливого вигляду готового продукту і отримання золотистої скоринки.

Рисовий крохмаль являє собою порошок без смаку і запаху, білого кольору або з жовтуватим відтінком. Він не розчиняється у холодній воді. Якщо розглядати його під мікроскопом, то можна побачити, що порошок складається з дрібних зерен. Крохмаль синтезується рослинами в результаті фотосинтезу. Що стосується корисних властивостей рисового крохмалю, то вони полягають у наступному: 1) продукт є абсолютно гіпоалергенним. У ньому не міститься глютену – рослинного білка, що викликає алергічну реакцію організму. 2) рисовий крохмаль легко засвоюється і є відмінним джерелом енергії. 3) рисовий крохмаль обволікає стінки кишечника, знімаючи запалення і полегшуючи стан при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. 4) практично не містить натрію в складі, тому сприяє виведенню зайвої рідини, шлаків і токсинів з організму.

Організм людини отримує не тільки користь від рисового крохмалю. Шкоди від вживання полягає в наступному: 1) саме крохмаль, що міститься в надмірній кількості в рисі, є причиною набору ваги. В 100 г продукту міститься 348 ккал. 2) при варінні в гарячій воді крохмаль набухає і розчиняється, перетворюючись у клейстер. При подальшому вживанні він осідає на стінках

кишечника, викликаючи тяжкість і неприємні відчуття в шлунку. 3) рисовий крохмаль відноситься до слизеутворюючих продуктів. Слиз в кишечнику заважає роботі ворсинок і стабільної перистальтиці його стінок, що призводить до запорів і порушення процесу всмоктування з їжі корисних речовин, вітамінів і мінералів.

На 95 % рисовий крохмаль складається з простих вуглеводів, які викликають різке підвищення цукру в крові. Саме з цієї причини цей продукт протипоказаний до вживання людям, страждаючим цукровим діабетом [15].

Аналіз складу продуктів показав, що в якості структуроутворювачів для виробництва низькобілкового печива доцільно застосовувати гуарову камедь, камедь ксантану, карбоксиметилцелюлозу, мальтодекстрин. Нижче наведено коротку характеристику про названі види структуроутворювачів.

Гуарова камедь – полісахарид галактоманнану, на вигляд це порошок білого або жовтуватого кольору з характерним запахом. Добувають його з гуарового дерева, плоди якого (боби) містять в собі насіння в якому міститься до 70% камеді, та отримуються шляхом помелу ендосперму насіння. Гуарову камедь відносять до харчових добавок під кодом E-412 в якості стабілізатора, структуроутворювача та загусника.

Гуарову камедь додають для поліпшення текстури, смаку і терміну зберігання оброблених харчових продуктів. Широко використовують так само, як пектин, як загусник – речовини, які при додаванні до суміші підвищують в'язкість без істотної зміни смаку і запаху. Застосовують як замітник клейковини при випічці. Особливо цінується серед тих, у кого непереносимість глютену і тих, хто дотримується безглютенової дієти [16].

Гуарова камедь (guar gum) має дуже високу водовбирною здатністю і швидко збільшує в'язкість навіть в холодній воді. Це властивість дозволяють їй розбухати в 10-20 разів. У поєднанні з рідиною гуарова камедь загусає, утворюючи гелеобразну текстуру, яка зазвичай добре підтримується при помірних змінах температури або тиску. Ще одна унікальна властивість гуарової смоли полягає в тому, що вона нерозчинна в оліях, жирах, вуглеводнях, кетонах

і складних ефірах, тому її зручно використовувати для стабілізації жирних продуктів. Е-412 не є небезпечною при вживанні в нормальних кількостях, ця харчова добавка офіційно схвалена і дозволена для додавання в продукти, в тому числі до складу органічних продуктів харчування [17].

Ксантанова камедь – полісахарид, отриманий в результаті ферментації штаму мікроорганізму бактерій *Xanthomonas campestris*. Відносять до групи стабілізаторів під номером Е-415. Використовують в харчовій промисловості в якості загусника, гелеутворювача та стабілізатора. Молекули ксантану адсорбують воду, утворюючи трьохвимірну сітку з подвійних спіралей ксантану, створюючи при цьому структуру близьку до гелю, але з меншою в'язкістю [18].

Ксантанова камедь не завдає шкоди людському організму. Харчова добавка Е-415 визнана безпечною для здоров'я людей в Китаї, США, Канаді, Японії, Росії, Україні, а також в Європі і не має обмежень до застосування. Е-415 застосовується при виготовленні безглютенового борошна, бо надає готовому виробу м'якість і пружність. Головною особливістю добавки Е-415 є те, що при додаванні невеликої кількості (зазвичай менше 1%) в'язкість рідини збільшується. На відміну від інших загусників, ксантанова камедь має стабільну ефективність у широкому діапазоні температур (від -18°C до 120°C) та кислотності (від 2 до 12 рН). Хоча за своєю природою добавка не є емульгатором, вона допомагає зберігати однорідність консистенції продукту. Ще однією перевагою є те, що при виготовленні харчового продукту ксантанова камедь не впливає на зміну кольору, смаку чи запаху продукту.

У хлібобулочної промисловості при нестачі клейковини в борошні добавка Е-415 додається в тісто, щоб надати йому більшої в'язкості і клейкості. Крім того добавка Е-415 допомагає зменшити втрати рідини при термічній обробці і наступному зберіганні харчових виробів [18].

Карбоксиметилцелюлоза (КМЦ, целюлоза гліколат) - це полімер, подальший продукт переробки целюлози, загальний склад якого становить $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3 - x(\text{OCH}_2\text{COOH})_x]_n$ (де $x = 0,08-1,5$). У молекулі карбоксиметил (-CH₂-COOH) зв'язується з гідроксильною групою мономеру глюкози. За своїми

властивостями це слабка кислота [19]. Вперше його було синтезовано та запатентовано німецьким хіміком Янсенем у 1918 році. Це схоже на світло-бежевий кристалічний порошок. рН (1% водний розчин): 7,7. Карбоксиметилцелюлоза утворюється в результаті реакції монохлороцтової кислоти та алкилцелюлози, яка виготовляється з целюлози та їдкої соди. Карбоксиметилцелюлоза може бути генетично модифікована. Він добре розчиняється у воді, не має властивого запаху і абсолютно нетоксичний. Карбоксиметилцелюлоза ніколи не розкладається під дією сильного світла, а також не розчиняється в рослинних і тваринних оліях.

Використання КМЦ може поліпшити якість файлів cookie та продовжити термін їх зберігання. Завдяки зміцненню тонких волокон та утворенню стійкого просторового каркасу, структура була певною мірою зміцнена, а щільність печива зростає. Структуруючи тест, можна покращити накопичувач газу та формат тест-заготівлі, що позитивно впливає на форму та консистенцію готового печива. Поєднання додаткової вологи може запобігти висиханню печива, зменшити активність води, покращити текстуру продукту та збільшити вихід продукту. В результаті збільшується термін зберігання печива, погіршується мікробне погіршення, покращуються сенсорні параметри (форма, рельєфний малюнок, гладка поверхня без мікротріщин, золотистий колір, смак, аромат), а також кількість крихт і крихт під час транспортування та зберігання зменшується. [20].

Мальтодекстрин - це порошкоподібна речовина світлого кольору. Його отримують при гідролізі рисового, картопляного або пшеничного крохмалю. Він складається з молекул глюкози, мальтози та інших полісахаридів, відрізняється солодким смаком і добре розчиняється в гарячій або холодній воді, соках. У невеликих кількостях добавку використовують в харчовій промисловості. Її додають при виробництві: випічки; напівфабрикатів; дитячого харчування; цукерок. Мальтодекстрин є складним вуглеводним, високоенергетичним з'єднанням. Глікемічний індекс мальтодекстрина становить близько 105-135, в

залежності від ступеня подрібнення порошку - що швидко підвищує рівень цукру в крові, тому його не радять вживати людям, що мають цукровий діабет.

Переваги мальтодекстрина - здатність формувати густу текстуру і помірно солодкий смак. Зазвичай він використовується як заміна крохмалю, одночасно продовжуючи термін придатності продуктів і роблячи їх текстуру більш повітряною - що грає роль при виробництві випічки.

Мальтодекстрин широко використовується як в харчовій промисловості, так і у фармацевтичній та спортивної індустрії. Воно виступає як засіб для поліпшення текстурних і смакових якостей продукту, так і як джерело калорій [21].

Висновки:

У розширеному визначенні захворювання неможливо повністю вилікувати. Тільки рання і своєчасна діагностика може дати нам змогу сказати, що дитина виросте повноцінним членом суспільства, без психічних розладів і зі здоров'ям [22].

Тому єдиним ефективним способом збереження здоров'я є своєчасна дієтотерапія. Це зменшує кількість амінокислот і зменшує перебіг і наслідки захворювань. Дотримання безбілкової дієти вимагає великих зусиль, оскільки амінокислота фенілаланін входить до складу багатьох білків.

Тому для вирішення харчових проблем пацієнтів з фенілкетонурією перед науковцями в Україні та в усьому світі стоїть завдання розробляти низькобілкові та небілкові продукти (включаючи печиво). Удосконалення існуючих технологій харчових продуктів і створення нових є безперервним, оскільки вітчизняна і світова наука постійно відкривають нові властивості вітамінів, макро- та мікроелементів, інших есенціальних інгредієнтів їжі, оцінюють із сучасних позицій їхню роль у функціонуванні людського організму; з'ясовують об'єктивні причини дефіциту основних інгредієнтів у раціонах харчування населення.

Усі вони повинні постійно коригувати структуру харчування, усувати недолік необхідних поживних речовин, покращувати якість та безпеку їжі та забезпечувати їх оздоровчими, профілактичними та регулюючими

властивостями з точки зору впливу на всі функції людських органів та систем [23].

Структурний засіб повинен використовуватися для того, щоб він мав структуру, що відповідає структурі борошняних кондитерських виробів, для виготовлення безбілкового печива з відповідною якістю. Слід також звернути увагу на вид та характеристики одного з найважливіших компонентів при розробці рецептів бісквітів - крохмалю, і вибрати, чи найкраще крохмальна суміш (за своїми властивостями, характеристиками та іншими економічними аспектами) є найбільш придатною для використання у печиві з низьким вмістом білка.

Варто зазначити, що в звичайних супермаркетах в Україні немає продуктів з низьким вмістом білка з відповідними маркуванням. Крім того, в Україні немає виробництва продуктів харчування для пацієнтів з фенілкетонурією. Імпортна продукція дорога, і пацієнтам не вигідно купувати такі продукти. Тому рекомендується розробляти безбілкові кондитерські вироби та використовувати їх для виробництва.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкти досліджень

Об'єкт дослідження – технологія низькобілкового печива з застосуванням структуроутворювачів: мальтодекстрин, камедь ксантана, КМЦ, та вплив кукурудзяного та тапіокового крохмалю на якісні показники тіста та печива, яке можуть споживати хворі на фенілкетонурію.

Предмет дослідження – сировина, що застосовується при виготовленні низькобілкового печива, тісто виготовлене з використанням структуроутворювачів карбоксиметилцелюлози, камедь ксантана, та мальтодекстрину та використання кукурудзяного і тапіокового крохмалю, випечене низькобілкове печиво.

При виконанні досліджень була використана така сировина:

- крохмаль кукурудзяний. ДСТУ 3976-2000 «Крохмаль кукурудзяний сухий. Технічні умови» [24];
- крохмаль тапіоковий. ГОСТ 6034-2014 «Крохмаль тапіоковий. Технічні умови»
- вершкове масло (73%). ДСТУ 4399:2005 «Масло вершкове» [25];
- цукор білий. ДСТУ 4623:2006 «Цукор білий. Технічні умови» [26];
- карбоксиметилцелюлоза. Е-466, ГОСТ 33310-2015 «Добавки харчові. Загусники харчових продуктів» [27];
- мальтодекстрин. ГОСТ 34274-2017 «Мальтодекстрин. Технічні умови» [28];
- ксантанова камедь. Е-415, ГОСТ 33310-2015 «Добавки харчові. Загусники харчових продуктів» [29];
- сода харчова. ГОСТ 2156-76 «Гідрокарбонат натрію. Технічні умови» [30];
- вода питна. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна» [31];

Далі наведена коротка характеристика сировини, що використовується для виготовлення низькобілкового печива згідно стандартів та нормативно-технічної документації (табл. 2.1)

ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ

Таблиця 2.1 – Нормативна документація на сировину. Вимоги до її якості

Найменування сировини	Номер та назва нормативного документу	Вимоги до якості за:		Показники безпечності
		органолептичними показниками	фізико-хімічними показниками	
Цукор білий кристалічний	ДСТУ 4623:2006	<p><i>Зовнішній вигляд:</i> білий, чистий без плям і сторонніх домішок, для цукру III і IV категорій допускають жовтуватий відтінок. Кристалічний цукор повинен бути сипким, без грудочок. Для цукру III і IV категорій допускають грудочки, що розпадаються у разі легкого натискання.</p> <p><i>Запах і смак:</i> солодкий без сторонніх запаху і присмаку, як в сухому цукрі, так і в його водному розчині, для цукру IV категорії допускають слабкий запах меляси.</p>	<p><i>Масова частка сахарози (поляризація), %, не менше – 99,7. Масова частка редукувальних речовин (в перерахунку на СР), %, не більше – 0,04-0,065. Масова частка вологи, %, не більше:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - кристалічного цукру – 0,1; - сахарози для шампанського – 0,1; - цукрової пудри – 0,2; <i>Масова частка золи (в перерахуванні на суху речовину), не більше, % - 0,027;</i> - балів – 15,0. <p><i>Кольоровість в розчині, не більше:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - одиниць ICUMSA – 45,0; <i>Масова частка феродомішок, %, не більше – 0,001.</i> 	<p><i>Токсичні елементи: мг/кг, не більше ніж:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ртуть – 0,01, миш'як – 1,0, свинець – 0,5, кадмій – 0,05. <p><i>Мікробіологічні:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>кількість МАФМ, КУО в 1 г, не більше ніж – 1·10³,</i> <i>плісневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж - 1·10³,</i> <i>Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж - 1·10³,</i> <i>Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г – не допускають, патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Salmonella, в 25 г – не допускають</i>

		<i>Чистота розчину:</i> розчин цукру повинен бути прозорим, без нерозчинного осаду, механічних та інших домішок. Для цукру III і IV категорій допускають опалесценцію. Для цукрової пудри не визначають.	<i>не більше – 0,0003. Величина окремих часток феродомішок, в лінійному вимірі найбільшому, мм, не більше – 0,5.</i>	
Масло солодко вершкове	ДСТУ 4399:2005	<i>Смак і запах:</i> чистий, добре виражений вершковий з присмаком пастеризації і (або) кисломолочний, вміру солонуватий для солоного масла. <i>Консистенція та зовнішній вигляд:</i> однорідна, пластична, щільна, поверхня на розрізі блискуча або слабо блискуча, суха або з наявністю поодиноких дрібних крапель вологи розміром 1 мм. <i>Колір:</i> від світло-жовтого до жовтого, однорідний за всією масою.	<i>Масова частка жиру, %:</i> - масло вершкове екстра – 80-85 - масло вершкове селянське – 72,5-79,9. <i>Титрована кислотність</i> - не більше ніж 23°Т або рН не менше ніж – 6,25 – для солодко вершкового. Від 26°Т до 55°Т або рН 6,12 до 4,50 – для кисловершкового.	<i>Вміст токсичних елементів мг/кг, не більше ніж:</i> свинець – 0,10, кадмій – 0,03, миш'як – 0,10, ртуть – 0,03, мідь – 0,5(0,4), цинк – 5,0, залізо – 5,0(1,5) (в дужках зазначено показники масла для тривалого зберігання). <i>Мікробіологічні показники:</i> <i>Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, не більше ніж КУО/г – 1,0·10³, бактерії групи кишкових паличок (коліфори) не дозволено, в г продукту – 0,01.</i> <i>S</i> <i>ріжджі КУО в 1,0г, не більше ніж та плісняві гриби, КУО в 1,0г не більше ніж в загальній сумі –</i>

				<p>патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>, не допускається в 2 г продукту – 25.</p> <p style="text-align: center;"><i>L</i> <i>i</i> <i>s</i></p>
Крохмаль кукурудзяний	ДСТУ 4380:2005	<p><i>Зовнішній вигляд:</i> однорідний порошок; <i>Колір:</i> від білого до кремового відтінку, сірувато-білий; <i>Смак та запах:</i> властивий крохмалю, без стороннього запаху.</p>	<p><i>Масова частка вологи, %</i>, не більше ніж – 14,0; <i>Кислотність</i> – см³, не більше ніж – 20,0; <i>Величина рН</i> – 4,8-7,5; <i>Масова частка золи, %</i> – не більше ніж 0,3</p>	<p><i>Мікробіологічні показники:</i> Загальна кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорг, КУО в 1 г – не більше ніж 1,0*10⁴; плісневі гриби, КУО в 1 г – не більше ніж 5,0*10; дріжджі, КУО в 1 г – не більше ніж 1,0*10; бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г та патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду сальмонела в 25 г – не допустимі. <i>Допустимий вміст токсичних елементів:</i> мг/кг, не більше ніж: ртуть – 0,02, миш'як – 0,1, мідь – 10,0, свинець – 0,5, кадмій – 0,1, цинк – 30,0.</p>
Крохмаль	ГОСТ 6034-2014	<p><i>Зовнішній вигляд:</i> однорідний порошок;</p>	<p><i>Масова частка вологи, %</i>, не більше ніж – 5,0; <i>Кислотність</i> – см³, не більше ніж – 50,0;</p>	<p><i>Мікробіологічні показники:</i> Загальна кількість мезофільних аеробних та факультативно-</p>

тапіоковий		<p><i>Колір:</i> від білого до кремового відтінку, сірувато-білий; <i>Смак та запах:</i> властивий крохмалю, без стороннього запаху.</p>	<p><i>Величина рН</i> – 4,8-7,5; <i>Масова частка золи, %</i> – не більше ніж 0,3</p>	<p>анаеробних мікроорг, КУО в 1 г – не більше ніж $1,0 \cdot 10^4$; плісневі гриби, КУО в 1 г – не більше ніж $5,0 \cdot 10^5$; дріжджі, КУО в 1 г – не більше ніж $1,0 \cdot 10^6$; бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г та патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду сальмонела в 25 г – не допустимі. <i>Допустимий вміст токсичних елементів:</i> мг/кг, не більше ніж: ртуть – 0,02, миш'як – 0,1, мідь – 10,0, свинець – 0,5, кадмій – 0,1, цинк – 30,0.</p>
Карбоксиметилцелюлоза	Сертифікат якості «Новохім»	<p><i>Зовнішній вигляд:</i> кристалічний порошок; <i>Колір:</i> від білого до кремового відтінку; <i>Смак та запах:</i> без смаку та запаху.</p>	<p><i>Масова частка вологи</i> не більше ніж, % - 3,0-4,5; <i>Активна речовина, %</i> - 60-65; <i>Ступінь заміщення:</i> 0,5-0,7; <i>В'язкість</i> – 6-11; <i>г/л</i> – 500-600</p>	<p><i>Токсичність цієї добавки науково</i> не доведена.</p>
Камедьксантанова	ГОСТ 33333-2015 E415. ТУ	<p><i>Зовнішній вигляд:</i> сипкий порошок; <i>Колір:</i> від білого до кремового відтінку, сірувато-білий; <i>Смак та запах:</i> без смаку та запаху. <i>Розчинність:</i></p>	<p><i>Масова частка сухих речовин</i> – 91%; <i>Масова частка піровиноградної кислоти, %</i> не менше – 1,5; <i>Масова частка азоту, %</i> не більше – 1,5; <i>М</i> <i>а</i></p>	<p><i>Мікробіологічні показники:</i> вміст мікроорганізмів <i>Xanthomonas campestris</i> не повинно перевищувати норм, встановлених нормативно-правових актів прийнятих в Україні. <i>Вміст токсичних</i></p>

		розчинний в воді, нерозчинний в етиловому спирті		елементів: (свинцю та інших) не повинно перевищувати норм, встановлених нормативно-правових актів прийнятих в Україні.
Вода питна	ДСТУ 7525:2014	<i>Кольоровість:</i> вимірюється в градусах не більше ніж 20 <i>Запах:</i> відсутній <i>Смак та присмак:</i> без стороннього присмаку <i>Мутність:</i> прозора, одиниці вимірювання – НОМ, не більше ніж – 2,5.	<i>Мікробіологічні показники:</i> число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 дм ³ води, (індекс БГКП), число термостабільних кишкових паличок (фекальних коліформ – індекс ФК) в 100 см ³ , число патогенних мікроорганізмів в 1 дм ³ води, коліфагів, спори сульфітредукувальних клостридій – відсутність; Не повинно бути зовсім <i>Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger, Penicillium exsangum.</i> <i>Неорганічні компоненти:</i> мг/дм ³ – Fe, Mn, Zn, Cu – відсутність, Ca – не більше ніж 100, Mg - не більше ніж 30, Na - не більше ніж 200, K - не	<i>рівень токсичності визначають: на Ceriodaphnia affinis, Drosophila melanogaster Mg, Tetrahymena pyriformis, Vibrio fischer, Salmonella thyphimurium – відсутність. Показники радіаційної безпеки:</i> Сумарна об'ємна активність авипромін (Σ α активність) Бк/дм ³ не більше ніж -0,1 β випромін (Σ β активність) Бк/дм ³ – не більше ніж 1,0

			більше ніж 20, сульфати та хлориди не більше ніж 150	
Сода харчова	ГОСТ 2156-76	Зовнішній вигляд – білий кристалічний порошок, або безколірні кристали без грудочок і сторонніх включень; Колір – білий або зі злегка жовтуватим відтінком; Смак – властивий соді харчовій; Запах – без запаху	Масова частка основної речовини (в перерахуванні на суху речовину) %, не менше – 99,0; Масова частка, %, не менше: — гідрокарбонату натрію – 35,0 — карбонату натрію – 46,4; Масова частка вологи, %, не більше – 2; <i>Величина рН</i> – 8,0-8,6; Розчинність у воді – повна. Масова частка металевих домішок млн -1 (мг/кг) не більше, - 20,0	<i>Вміст токсичних елементів:</i> Допустимий рівень вмісту, мг/кг, не більше: Свинець – 0,5; Кадмій – 0,05; Миш'як – 0,5; Ртуть – 0,01. <i>Мікробіологічні показники:</i> Кількість мезофільних аеробних і факультативно- анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ), КУО в 1 г, не більше – 10 ³ , Бактерії групи кишкових паличок БГКП (коліформи) в 1 г – не дозволено, Плісняві гриби та ждіжджі КУО в 1 г, не більше – 10, Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Salmonella, в 25 г – не дозволено

2.2 Блок схема досліджень

Розроблено програму досліджень у вигляді блок-схеми (рисунок. 2.1.) щодо визначення можливості застосування структуроутворювачів, крохмалів під час виробництва низькобілкового печива.



Рис. 2.1. Програма досліджень з розроблення низькобілкового печива

2.3. Методи досліджень

Експериментальна частина проводиться в лабораторіях кафедри: Технології хлібопекарських та кондитерських виробів - Національного університету харчових технологій.

Технологію низькобілкового печива розглянуто як велику технологічну систему з виділенням підсистем (рис 2.2).

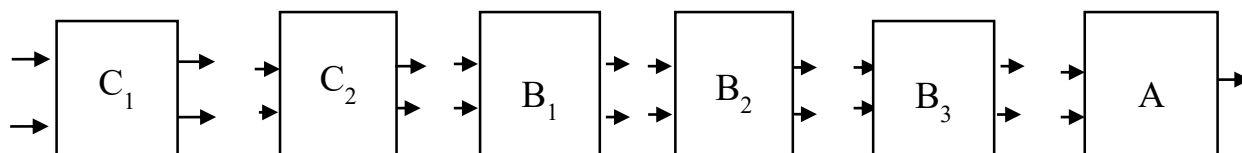


Рис. 2.2. Технологія печива як велика технологічна система

В наведеній великій технологічній системі виділено наступні підсистеми:

C₁ – розроблення рецептурних композицій,

C₂ – приготування тіста,

B₁ – формування тістових заготовок

B₂ – випікання-сушіння,

B₃ – охолодження,

A – пакування, фасування.

Під час аналізу існуючих технологій першою підсистемою є «C₁ – підготовка сировини до виробництва». У випадку розроблення нових виробів вважаємо за доцільне першою підсистемою поставити «C₁ – розроблення рецептурних композицій».

Позначення підсистем літерами С, В, А зроблено відповідно до прийнятих в системному аналізі технологій кондитерських виробів [32].

Технологічні системи поділяють на класи та типи. Клас системи визначається кількістю центральних підсистем В. Тип системи визначається кількістю другорядних підсистем С. Отже, наведена велика технологічна система, це система 3-го класу та 2-го типу.

2.3.1. Визначення органолептичних показників печива

Органолептичні показники печива визначали шляхом їх дегустації групою магістрантів та викладачів кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів. Оцінку органолептичних показників проводили за 5-ти бальною шкалою. Також були проведені дослідження з визначення структурних показників тіста, а саме дослідження з визначення граничної напруги зсуву, яке проводили за допомогою пінетрометра РПЛ -4/2. Метод полягає у вимірюванні занурення конуса в досліджувану систему під дією сталого навантаження й визначені найбільшої глибини занурення, після досягнення якої швидкість практично дорівнює нулю [33].

$$P_m = K \frac{P}{h_m^2}$$

Де: K — константа конуса, яка залежить від кута;

P — навантаження, Па ($P = m \cdot g$);

h_m — глибина занурення конуса, м.

2.3.2. Визначення фізико-хімічних та структурних показників печива

Масову частку вологи готових виробів визначено методом висушування у сушильній шафі СЕШ-3М.

Намокання печива характеризує коефіцієнт намокання, який визначали шляхом співвідношення маси печива до намокання та маси печива після намокання. Лужність характеризує наскільки були «утилізовані» розпушувачі під час термооброблення. Ці показники впливають і на сенсорне сприйняття споживачем виробу [20]. Міцність готових виробів визначали за допомогою приладу Строганова. Сутність методу полягає в вимірюванні зусилля (навантаження) яка спричиняє руйнування (розломлювання) печива [33].

2.3.3. Визначення раціональних параметрів термооброблення

Для визначення оптимальних параметрів випікання-сушіння низькобілковго печива було застосовано двофакторний експеримент. Фактори варіювання: температура та тривалість випікання-сушіння [34].

2.3.4. Дослідження сорбційно-десорбційних властивостей низькобілкового печива

На адсорбційно-вакуумному приладі Макбена гравіметричний метод був використаний для вивчення адсорбційно-десорбційних характеристик готового продукту.

Видалення ізотерми адсорбції пари проводиться на вакуумному пристрої методом зважування з пружинним кварцевими вагами Мак-Бена, Схема установки зображена на рисунку 2.3.

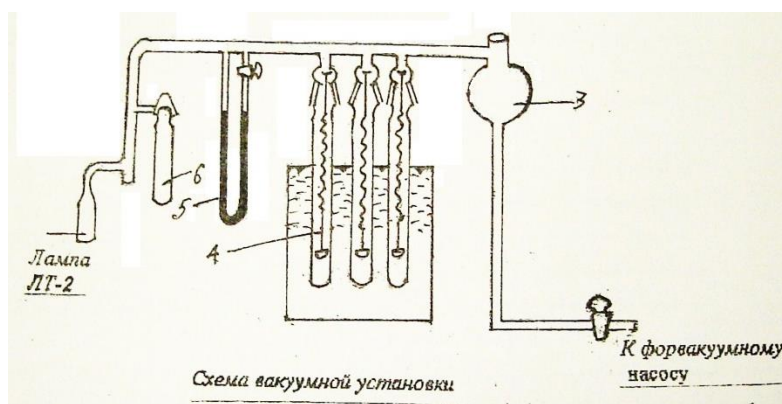


Рис. 2.3. Схема установки Мак-Бена

Вакуумна частина складається з попереднього вакуумного масляного насоса (1) для попереднього відкачування та пароловлувача (3) для заморожування парів ртуті.

Вимірювальна частина включає такі основні частини: десять адсорбційних трубок (4), П-подібний манометр з ртуттю (5), що використовується для вимірювання тиску адсорбенту в обладнанні, та пробірочку з адсорбентом (6), використовується для адсорбуючого контейнера для пари. У вимірювальній частині установки зварюється лампа ЛТ-2, яка використовується для контролю ступеня накачування.

Вимірювання розряду в обладнанні проводиться на вакуумметрі VT-2А. Для того, щоб контролювати зміну натягу пружинного балансу із зразком під час процесу адсорбції, використовували катетерний калібр з градуванням 0,01 мм. (рис. 2.5.). Працюючи з кварцовими пружинними вагами, обережно

відкалібруйте вагу за допомогою катетера і отримайте лінійний натяг від 25 до 50 мм у вазі 0,01 г. У деяких випадках, коли потрібна точність, можна використовувати ще більш чутливі спіралі.

Видалення ізотерми проводиться наступним чином. Помістіть 50-60 мг зразка в скляну чашку (рис. 2.5.), Повісьте його на скляний дріт і використовуйте контрольну точку калібрувальної спіралі як еталон, а потім покладіть в адсорбційну трубку пристрою. Після цього відразу приступили до перекачування обладнання вакуумними масляними насосами. Накачайте при 200 ° С протягом 1 години. Потім припиніть насос і помістіть адсорбційну трубку у водяний інкубатор з температурою 200 ° С.



Рис. 2.4. - Сорбційно-вакуумна установка Мак-Бена та ртутний манометр (праворуч)

При знегажування зразків відбувалося деяка зміна їх ваги, в зв'язку з чим проводили кожен раз перерахунок навішування з урахуванням втрат ваги при десорбції.

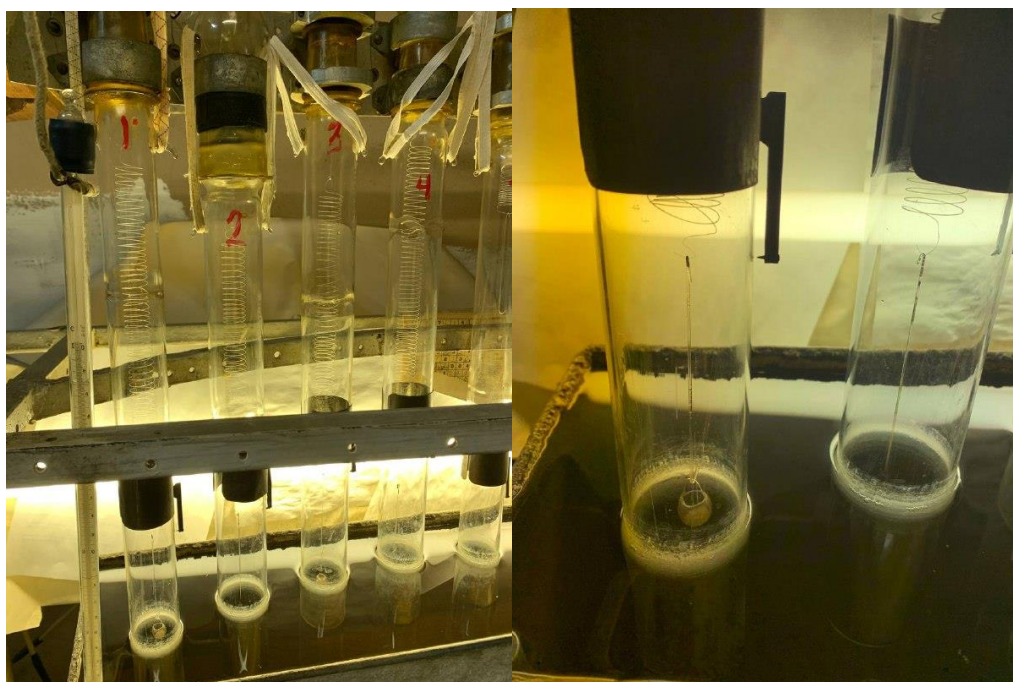


Рис. 2.5. - Адсорбційні труби установки, зі скляними чашечками зразків печива

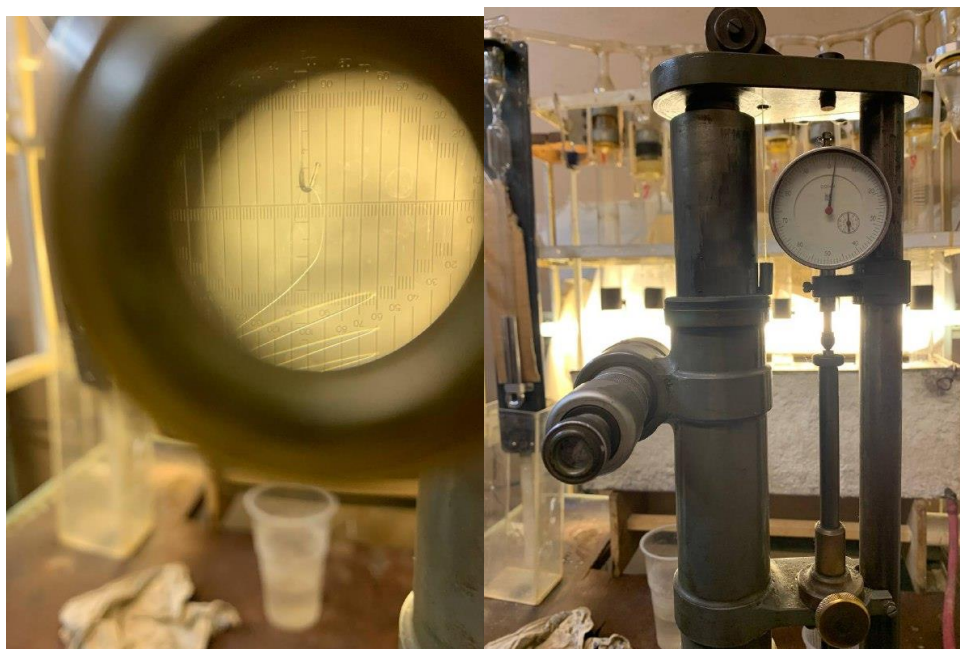


Рис. 2.5. - Катетометр

З дозованої пробірки з адсорбтивом невелика доза його пара впускати в вимірювальну частину установки і після встановлення адсорбційної рівноваги, про що судили по припиненню розтягування пружин, виробляли замір лінійного розтягування пружинних ваг за допомогою катетометра. Рівноважної тиск адсорбтива вимірювалося ртутним манометром (рис. 2.4.).

Також знімалася десорбційну гілку ізотерми, для чого адсорбтива невеликими порціями відводився з вимірювальної частини установки в пробірку з адсорбтивом за допомогою виморожування дуже холодною водою.

На підставі експериментальних ізотерм адсорбції-десорбції розраховується питома поверхня зразка S , граничний сорбційний об'єм пор V_s і середній діаметр пор d .

Величина питомої поверхні зразків розраховувалася з ізотерм адсорбції парів за методом полімолекулярної теорії адсорбції парів Брунауера, Еммета і Теллера (метод БЕТ).

Методи досліджень загальноприйняті, стандартні.

Висновки до розділу

1. Обрано та охарактеризовано об'єкти та предмет досліджень. Розроблено блок-схему досліджень.
2. Наведена та проаналізована сировина, що застосовується при виготовленні низькобілкового печива та відповідає вимогам згідно нормативної документації та вимогам щодо її якості.
3. Підібрано методики для дослідження органолептичних, фізико-хімічних та структурних показників низькобілкового печива.
4. Підібрано методику для визначення раціонального режиму термооброблення печива методом двофакторного експерименту.
5. Також обрано та описано методику проведення дослідження для визначення сорбційно-десорбційних властивостей низькобілкового печива.

РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Розроблення рецептурних композицій низькобілкового печива (підсистема C_1)

Розроблення рецептурного складу проводили з позицій системного аналізу технологій. На рисунку 3.1. наведено параметричну модель підсистеми – розроблення рецептурних композицій.



Рис. 3.1. Параметрична схема підсистеми C_1

Де : *некеровані фактори:*

$h_{1.1}, h_{1.2}, h_{1.3}, h_{1.4}, h_{1.5}, h_{1.6}, h_{1.7}, h_{1.8}, h_{1.9}$ – якість сировинних (рецептурних) інгредієнтів: крохмаль кукурудзяний, крохмаль тапіоковий, вершкове масло, цукор білий, мальтодекстрин, камедь ксантанова, карбоксиметил целюлоза, ванільна пудра, сода харчова, вода питна.

Керовані фактори:

$X_{1.1}, X_{1.2}, X_{1.3}, X_{1.4}, X_{1.5}, X_{1.6}, X_{1.7}, X_{1.8}, X_{1.9}$ – кількість сировинних (рецептурних) інгредієнтів: крохмаль кукурудзяний, крохмаль тапіоковий, вершкове масло, цукор білий, мальтодекстрин, камедь ксантанова, карбоксиметил целюлоза, ванільна пудра, сода харчова, вода питна.

Вихідний параметр:

Y – органолептичні показники готових виробів (балова оцінка).

Основною сировиною для печива є пшеничне борошно, яке в даний час виробляє українська кондитерська промисловість. Пацієнти з фенілкетонуриєю не повинні вживати такі продукти. Для виготовлення білків з низьким вмістом білка рекомендується використовувати крохмаль та різні

структуруючі речовини, які нададуть напівфабрикатам та готовим виробам потрібну структуру. У таблиці 3.1. наведено дані, щодо різних рецептур сировини дослідних зразків печива.

Таблиця 3.1. – співвідношення сировини у дослідних зразках низькобілкового печива з різним вмістом структуроутворювачів та крохмалями

Найменування сировини	Вміст сировинних інгредієнтів (г) в досліджуваних рецептурних композиціях				
	№1	№2	№3	№4	№5
Крохмаль кукурудзяний	50,00	50,00	40,00	50,00	50,00
Крохмаль тапіоковий	-	-	10,0	-	-
Вершкове масло	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
Цукор білий	10,00	10,0	10,00	10,0	10,00
Мальтодекстрин	10,0	-	10,0	-	-
Камедь ксантанова	0,2	-	0,10	0,20	0,10
Карбоксиметил-целлюлоза	-	0,20	-	-	0,10
Сода харчова	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Вода питна	15,0	21,0	15,0	21,0	21,0

Низькобілкове печиво, виготовлене за наведеними рецептурними композиціями досліджували за органолептичними показниками.

На даному першому етапі ми досліджували 5 рецептурних композицій, провели повну загальну оцінку за сімома критеріями, згідно яких, ми отримали загальну оцінку кожного зі зразків печива. Даний аналіз дав змогу чітко визначити, які рецептури згідно загальної оцінки є найкращими.

Потрібно зазначити, що в ДСТУ на печиво характеристика смаку та запаху зазначена в одній графі і такого показника як «консистенція» немає. Однак, ми вважаємо, що у разі розроблення нових виробів смак та запах доцільно розглядати окремо і також є сенс в характеристиці та оцінці консистенції, як попереднього показника, що характеризує структуру нового печива. Органолептична оцінка дослідних зразків низькобілкового печива наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Органолептична оцінка печива

Показник	Органолептична оцінка печива виготовленого за наведеними рецептурними композиціями									
	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4		Варіант 5	
	опис	бал	опис	бал	опис	бал	опис	бал	опис	бал
Смак	Відчутний крохмаль, післясмак відсутній	3	Відчутний крохмаль, післясмак карбоксиметилцелюлози	2	Відчутний крохмаль, післясмак відсутній	3	Відчутний крохмаль, післясмак ксантанової камеді	1	Відчутний крохмаль, післясмак відсутній	3
Запах	Солодковершковий, ледве відчутний	3	Солодковершковий, ледве відчутний	3	Солодковершковий, ледве відчутний	3	Солодковершковий, ледве відчутний	3	Солодковершковий, ледве відчутний	3
Колір	Білий з жовтуватим відтінком, рівномірний	4	Білий з жовтуватим відтінком, рівномірний	4	Білий з жовтуватим відтінком, рівномірний	4	Білий з жовтуватим відтінком, рівномірний	4	Білий з жовтуватим відтінком, рівномірний	4
Форма	Правильна, краї рівні	5	Правильна, краї рівні	5	Правильна, краї рівні	5	Правильна, краї рівні	5	Правильна, краї рівні	5
Стан поверхні	Не підгоріла, невелика кількість тріщин	3	Не підгоріла, поверхня має дуже багато тріщин	2	Не підгоріла, рівномірно гладка	5	Не підгоріла, поверхня має дуже багато тріщин	2	Не підгоріла, рівномірно гладка	5
Вигляд у розломі, пропеченість	Пропечене, рівномірна пористість, без порожнин, є сліди непромісу	4,25	Пропечене нерівномірною пористістю, є сліди непромісу	3	Пропечене, рівномірна пористість, без порожнин та слідів непромісу	5	Пропечене нерівномірною пористістю, без слідів непромісу	4	Пропечене нерівномірною пористістю, без порожнин і слідів непромісу	5
Консистенція	М'яка	4	Тверда, крихка	1	М'яка	4	М'яка, крихка	3	М'яка	4
Загальна оцінка:		3,75		2,85		4		3		4

Як видно з наведених результатів органолептичної оцінки зразок №3 з тапіоковим крохмалем має гарні органолептичні показники. З метою уточнення дозування кукурудзяного, тапіокового крохмалей, структуроутворювачів: мальтодекстрину, камеді ксантану було проведено ряд досліджень, за результатами якого було визначено (найкраще) раціональне співвідношення кукурудзяного та тапіокового крохмалей у рецептурі низькобілкового печива.

Отже, надалі для наступних досліджень ми обираємо зразки № 1, № 3 та зразок №5. Тож зведемо ці дані на другому етапі в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. – Рецептури обраних дослідних зразків низькобілкового печива з різним вмістом структуроутворювачів та крохмалями

Найменування сировини	Вміст сировинних інгредієнтів (г) в досліджуваних рецептурних композиціях		
	№1	№2	№3
Крохмаль кукурудзяний	50,00	40,00	50,00
Крохмаль тапіоковий	-	10,0	-
Вершкове масло	23,00	23,00	23,00
Цукор білий	10,00	10,00	10,00
Мальтодекстрин	10,0	10,0	-
Камедь ксантанова	0,1	0,10	0,10
Карбоксиметил-целлюлоза	-	-	0,10
Сода харчова	0,20	0,20	0,20
Вода питна	15,0	15,0	21,0

3.2. Дослідження тістових мас для низькобілкового печива (замішування тіста, підсистема С₂)

Під час приготування тіста для традиційного здобного печива (з застосуванням пшеничного борошна та яйце продуктів) відбувається низка колоїдних процесів пов'язаних з набуханням крохмалю борошна, набуханням білків. У разі виготовлення тіста для низькобілкового печива пшеничне борошно та яйцепродукти не застосовуються. В наслідок цього призамішуванні тіста будуть відбуватись процеси, що пов'язані з набуханням крохмалю та

структуруювачів. В даній магістерській роботі застосовано кукурудзяний крохмаль та суміш кукурудзяного і тапіокового крохмалю. В якості структуруювачів застосовано мальтодекстрин, камідь ксантана, карбоксил етил целюлозу. Кукурудзяний і тапіоковий крохмаль мають різні розмір та будову крохмального зерна, володіють різною водо поглинальною здатністю. Тому можуть по різному впливати на структуру тіста. Вплив структуруювачів таж відрізняється.

Процес замішування тіста аналізували з застосуванням системного підходу. Параметричну схему замішування тіста наведено на рис 3.4.



Рис 3.4. Параметрична схема процесу замішування низькобілкового тіста

Де : **некеровані фактори:**

h_{31} , h_{32} , h_{3n} – якість сировинних інгредієнтів: крохмаль кукурудзяний, крохмаль тапіоковий, вершкове масло, цукор білий, мальтодекстрин, камедь ксантанова, карбоксиметил целюлоза, ванільна пудра, сода харчова, вода питна.

Керовані фактори:

x_{31} – кількість крохмалю кукурудзяного;

x_{32} - кількість крохмалю тапіокового;

x_{33} - кількість мальтодекстрину;

x_{34} – кількість камеді ксантану;

x_{35} – температура замішування;

x_{36} – тривалість замішування;

x_{37} – інтенсивність замішування.

Вихідні параметри:

u_{31} – вологість тіста, %;

u_{32} – температура тіста, °С;

u_{33} – густина тіста, кг/м³;

u_{34} – гранична напруга зсуву, кПа.

Важливим для утворення структури тіста є послідовність завантаження інгредієнтів та технологічні параметри процесу.

На першому етапі приготування тіста здійснюється попереднє зважування кожного рецептурного компонента згідно з рецептурою та технологічною картою приготування. Зважування проводять на вагах з точністю до 0,1 грам.

На другому етапі поєднують солодковершкове масло разом з цуктром та взбивають у комбайні протягом 15 хвилин до м'якого стану масла та майже до повного розчинення цукру.

На останньому третьому етапі до цукрово-масляної частини додають всі сухі інгредієнти та воду. Проводять заміс тіста протягом 10 -15 хвилин до однорідної консистенції тіста.

Одним з важливих показників тіста є вологість. Масову частку вологи в тісті визначено на приладі Чижової експрес методом. Результати досліджень наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Результати визначення вологості досліджуваних зразків тіста

Показник	Досліджувана рецептура			
	Контроль	№1	№2	№3
Вологість, %	8	25,2	23,9	28,9

Аналізуючи результати з отриманих даних (табл.3.4.) можна стверджувати, що розроблені варіанти рецептури тіста, зразки №1, №2 та №3 мають набагато більший відсоток вологи, якщо порівняти відносно

контрольного зразка. Це може бути пояснено тим, що в контрольному зразку принципово інший рецептурний склад компонентів, які можуть свідчити про менший відсоток вологи. А в досліджуваних зразках наявні структуроутворювачі, що мають більш високий рівень здатності щодо поглинання та затримання вологи. Відповідно до результатів можна побачити, що досліджуваний зразок №3, що має у рецептурі кукурудзяний крохмаль та структуроутворювач карбоксиметилцелюлозу, має найбільший відсоток вологості в порівнянні з контрольним зразком.

Гранична напруга зсуву визначає структурні характеристики, на скільки міцне тісто. Рецептурний склад низькобілкового печива істотно відрізняється від традиційного печива наявністю структуроутворювачів, та наявністю крохмалю замість борошна і тому структурні показники тіста можуть бути значно іншими. Розробляючи нові продукти харчування, доцільно визначити цю характеристику, порівнюючи з контролем. Дане дослідження дає змогу оцінити процес замішування тіста, тобто скільки зусиль необхідно буде докласти для замішування тіста, та обґрунтувати процес формування. Результати досліджень граничної напруги зсуву наведено на рисунку 3.5.

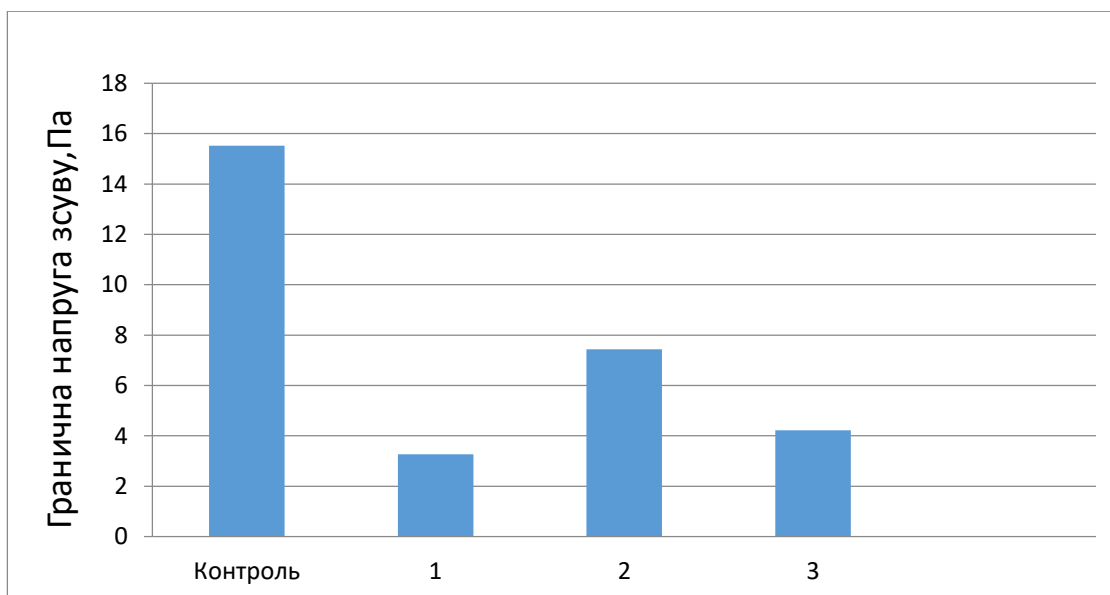


Рис. 3.5. Гранична напруга зсуву в зразках тіста, виготовленого за досліджуваними рецептурними композиціями згідно даних наведених у таблиці 3.3:

- 0 – печиво – контрольний зразок;
- 1 – печиво, виготовлене за рецептурою №1;
- 2 – печиво, виготовлене за рецептурою №2;
- 3 – печиво, виготовлене за рецептурою №3.

Дані, отримані в результаті експериментальних досліджень, свідчать про те, що найвища гранична напруга зсуву (15,52 Па) для тіста виготовленого за традиційною рецептурою. Гранична напруга зсуву тістових мас низькобілкового печиво значно нижча: найнижча гранична напруга зсуву (3,27 Па) для тіста за першою рецептурою а також не набагато більше (4,22 Па) має тісто з рецептурною композицією варіанту №3, що майже на 75% менше, за граничну напругу зсуву для тіста відносно контрольного зразка. Це може бути пояснено тим, що тістові маси не мають в своєму складі пшеничного борошна (отже відсутня клейковина) та яйцепродуктів, які обумовлюють структуру тіста. Аналізуючи зразок №2 можна побачити, що він має майже в половину менше значення відносно контрольного зразка, та набагато більше значення в порівнянні зі зразками №1 та №3, що дорівнює 7,44 Па. Це пояснюватись тим, що в даній рецептурі тістової маси низькобілкового печива поєднання сумішей кукурудзяного та тапіокового крохмалей мають разом набагато більшу здатність до водопоглинання та водоутримання. Згідно з науковими дослідженнями водопоглинальної здатності кукурудзяного та тапіокового крохмалей можна побачити, що тапіоковий крохмаль за своїми властивостями має більшу водопоглинальну здатність в порівнянні з кукурудзяним крохмалем.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що для приготування печива на стадії замісу тіста необхідно буде докласти набагато менше зусиль порівняно з традиційним рецептом печива.

3.3. Формування печива (підсистема С₃)

Формування тістових заготовок – це важливий етап технології здобного печива і тому позначена літерою В₁, яка визначає головні (центральні) підсистеми. Від того як проведено процес формування залежить якість

готового виробу. Розрахунок потужності поточних ліній проводять або за потужністю печі або за потужністю формуючого обладнання.

Здобне печиво буває пісочно- виємне та пісочно- відсадне. Пісочно- відсадне печиво формується методом відсаджування. На виробництві для цього застосовують відсаджувальні машини різних марок та різної потужності. Параметрична схема процесу формування тіста на формуючому обладнанні має вигляд рис. 3.6.

Параметричну схему замішування тіста наведено на рис 3.4.



Рис 3.6. Параметрична схема процесу формування тістових заготовок (ручним способом)

Де: **некеровані фактори:**

h_{41} – якість тіста.

Керовані фактори:

x_{41} – висота тістової заготовки;

x_{42} - діаметр тістової заготовки.

Вихідні параметри:

y_{41} – зовнішній вигляд тістової заготовки.

3.4. Визначення раціональних параметрів термооброблення (підсистема В2)

Термооброблення це завершальний процес під час якого відбувається формування органолептичних і структурних показників борошняних кондитерських виробів.

Процес випікання супроводжується складними фізико-хімічними змінами, які відбуваються під впливом високих температур у пекарній камері.

Якість готового продукту багато в чому залежить від правильної випічки. Під час випікання тістовий блок обмінює тепло і вологу з пароповітряним середовищем пекарської камери. Основна мета процесу випікання - видалити більшу частину вологи в тісті. Це сильно змінює структуру та механічні властивості тіста. Він має міцність і пористість, а поверхня забарвлена.

Термооброблення здобного печива потрібно розглядати як комбінований процес випікання-сушіння.

В перший період відбувається інтенсивний прогрів тістової заготовки, температурний градієнт стрімко зростає. Це спричиняє переміщення частини вологи у вигляді пара з середини тістової заготовки до її поверхневих шарів. З метою запобігання передчасного утворення скоринки температура на цьому етапі повинна бути відносно невисока.

В другий період швидкість вологовіддачі досягає значної величини, при цьому вологість виробів зменшується з постійною швидкістю. Зона випаровування постійно поглиблюється і починає утворюватись характерна структура печива.

В третій період зона випаровування досягає центральних шарів і вологовіддаче відбувається з падаючою швидкістю. В кінці періоду завершується формування структури печива.

Рецептурний склад печива буде мати суттєвий вплив на швидкість вологовіддачі і, відповідно, тривалості термооброблення. Так, наприклад інтенсивність вологовіддачі у здобному і цукровому печиві більше, ніж інтенсивність вологовіддачі у галетах.

Значну роль в швидкості вологовіддачі мають білкові речовини, що містяться у сировинних компонентах традиційного печива. У низькобілковому печиві пшеничне борошно та яйцепродукти не застосовано. В цьому випадку на інтенсивність вологовіддачі і тим самим на швидкість випікання – сушіння буде мати вплив вид крохмалю та структуроутворювача.

Під час аналітичного огляду інформаційних джерел інформації щодо параметрів термооброблення низькобілкового печива знайдено не було. Тому

представлено інтерес визначити раціональні параметри: температура і тривалість термооброблення.

Для визначення раціональних параметрів випікання-сушіння низькобілковго печива було застосовано двофакторний експеримент [21]. Параметрична схема підсистеми B_2 зображена на рисунку 3.7. Фактори варіювання: температура та тривалість випікання-сушіння.

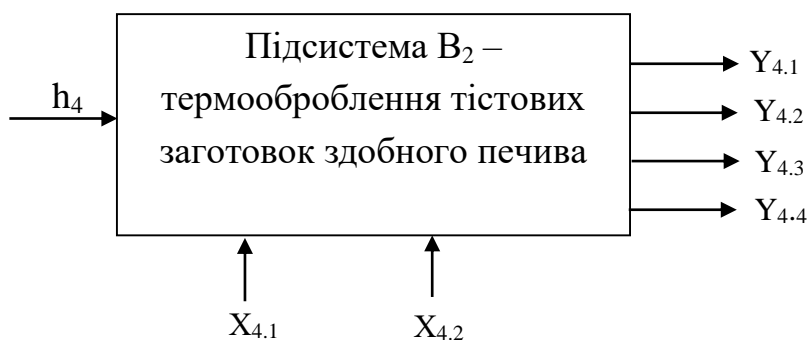


Рис. 3.7. Параметрична схема підсистеми B_2

Де: *некеровані фактори:*

h_4 – якість відформованих тістових заготовок (форма, маса).

Керовані фактори:

$X_{4.1}$ – температура середовища температурної камери, $K/^\circ C$;

$X_{4.2}$ – тривалість знаходження в печі тістових заготовок, 60·с. В даному випадку варіювали факторами температура і тривалість.

Вихідні параметри:

$Y_{4.1}$ – вологість печива, %;

$Y_{4.2}$ – намокаємість печива, %;

$Y_{4.3}$ – міцність печива, Н;

$Y_{4.4}$ – органолептичні показники готового печива.

В даному випадку оптимізацію процесу випікання-сушіння здійснювали за органолептичними показниками печива.

$$Y_{4.4} = f(X_{4.1}, X_{4.2}) \longrightarrow \text{оптимум}$$

Для оптимізації процесу, тобто визначення оптимальних параметрів було застосовано 2-х факторне планування експерименту. У даній матриці (таблиця 3.5.) представлено 2 фактори – температура випікання та тривалість

випікання. У процесі дослідження дані фактори варіювалися згідно матриці експерименту. Матрицю експерименту наведено для печива виготовленого з застосуванням таких структуроутворювачів: ксантанова камедь та мальтодекстрин на кукурудзяному крохмалі (рецептура №1) та з тапіоковим крохмалем (рецептура №3), а також ксантанова камідь та карбоксиметилцелюлоза (рецептура № 5 табл. 3.3.) [35,36,37,38].

Таблиця 3.5. Матриця ПФЕ 2² низькобілкового печива

№ досліджу	Рівні факторів				Параметр оптимізації
	X ₁	X ₂	X ₁ , t _{вип.} , °C	X ₂ , τ, хв	Бали
1	-	-	200	10	3,0
2	-	+	200	13	3,75
3	+	-	220	10	4,5
4	+	+	220	13	4,0

Рівняння регресії: $Y = 3,75 + 0,5 X_1 + 0 X_2 - 0,25 X_1 X_2$

Низькобілкове печиво підлягало випіканню-сушінню за зазначеними в таблиці 3.5. параметрами (X₁, X₂) та оцінювалось за органолептичними показниками вираженими в балах (параметр оптимізації). Зовнішній вигляд печива та вигляд на зламі наведено на рисунках 3.8. –3.11. Зразок печива виготовлений за рецептурою №1 (кукурудзяний крохмаль + мальтодекстрин) - позначений під час проведення досліді №2, дослідний зразок №2 (кукурудзяний крохмаль + тапіоковий крохмаль + мальтодекстрин) – позначений під номером 3, і зразок №3 (кукурудзяний крохмаль) – 1 відповідно.

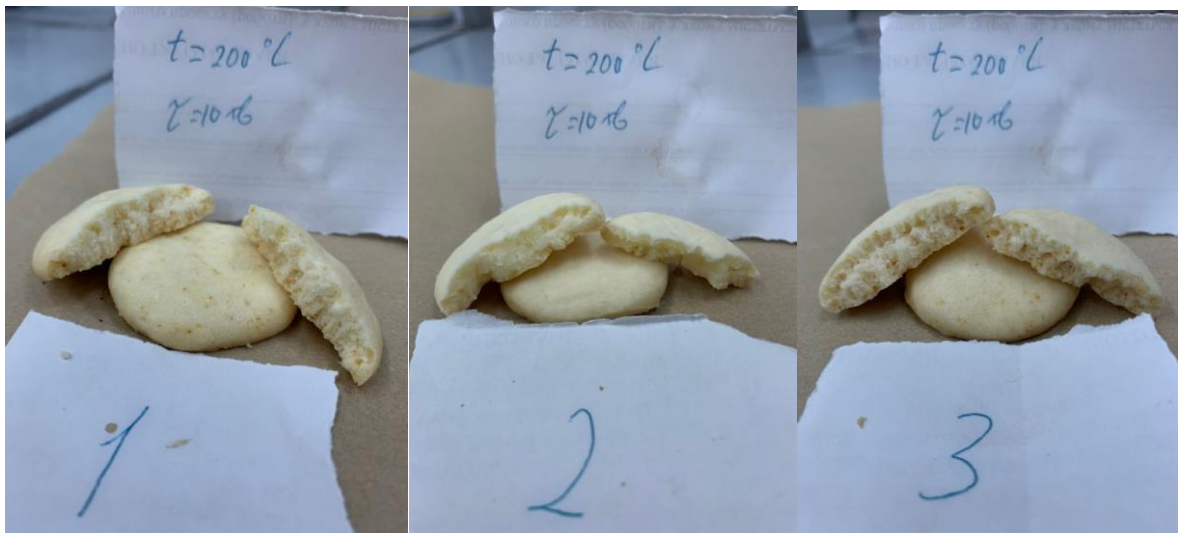


Рис. 3.8. Зовнішній вигляд печива – дослід №1

Аналізуючи дослідний зразок №1 можна зробити висновок, що печиво було недостатньо пропечене, залишилося вологим всередині. У порівнянні з першим, третій зразок був більш пропечений, мав приємнішу на смак м'якушку, проте на відміну від третього, другий зразок печива мав більш блідий колір зовнішньої поверхні та меншу пористість м'якушки.

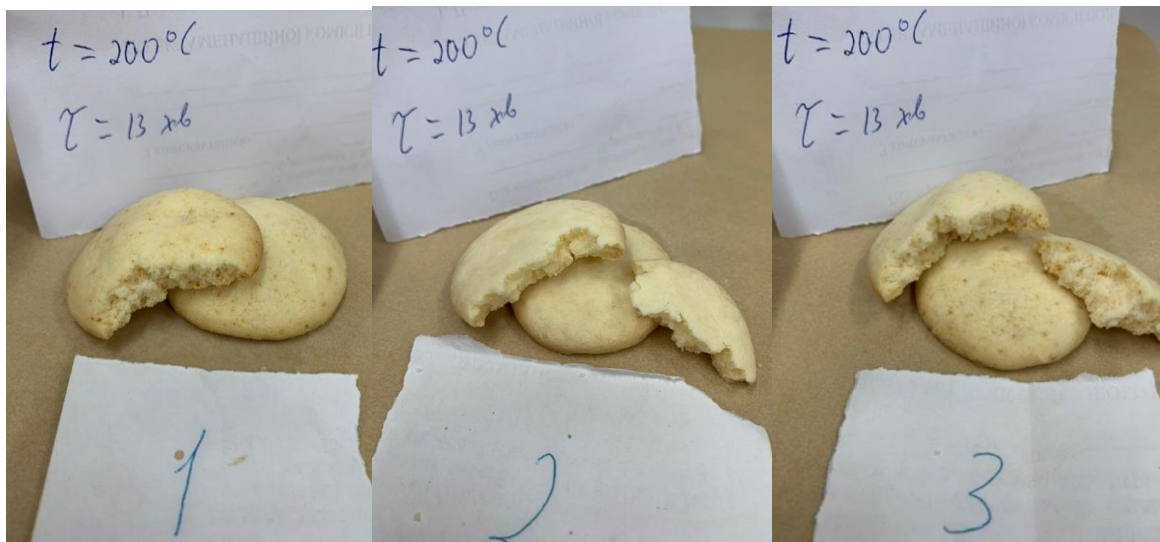


Рис. 3.9. Зовнішній вигляд печива – дослід №2

На відміну від другого та першого, третій зразок мав добре пропечену середину, мав приємний золотавий відтінок скоринки, гладку поверхню та рівномірну пористість. Під час термооброблення даних зразків не відбувалась реакція меланоїдиноутворення, оскільки в даному печиві майже відсутні

білки, тому більш темний колір скоринки, порівняно з попередніми варіантами, можна пояснити реакцією карамелізації цукрів.

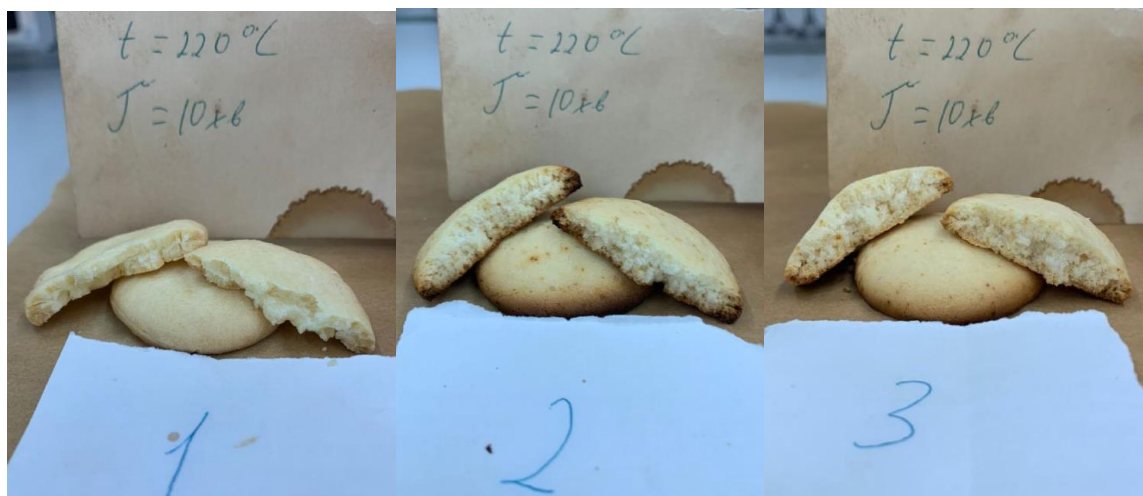


Рис. 3.10. Зовнішній вигляд печива – дослід №3



Рис. 3.11. Зовнішній вигляд печива – дослід №4

За результатами проведення четвертого дослід, ми отримали такі результати: всі дослідні зразки були занадто пересушеними, а також були наявні підгорілості, зразки мали темніші скоринки, порівняно з попередніми варіантами, проте на смак були пересушені.

Отже, за органолептичними показниками печива встановили оптимальні параметри термооброблення: температура випікання-сушіння – 220 °C, та тривалість випікання – 10 хвилин. За таких умов термооброблення печиво

мало найкращі результати. Всі зразки були достатньо пропечені, мали рівномірну пористість, гарний золотавий колір скоринки, гладку поверхню, приємні смакові властивості.

Тож, можна зробити висновки, що зазначені режими термооброблення є раціональними для усіх досліджуваних зразків печива (рецептури № 1, №2, №3, табл. 3.3.).

3.5. Визначення структурних і фізико-хімічних показників низькобілкового печива

Фізико-хімічні показники значною мірою обумовлюють якість готових виробів. Так, вологість печива свідчить про його пропеченість. Намокання печива характеризує коефіцієнт намокання, який визначали шляхом співвідношення маси навжки печива до намокання та маси наважки печива після намокання. Намокаємість дає можливість оцінювати розпушеність/пористість виробів (чим більше пористі вироби, тим більша намокаємість), лужність характеризує наскільки були «утилізовані» розпушувачі під час термооброблення. Ці показники впливають і на сенсорне сприйняття споживачем виробу [32].

Результати проведених досліджень фізико-хімічних показників печива наведені у таблиці 3.6. Печиво виготовляли за рецептурами, що наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.6. Результати фізико-хімічних показників досліджуваних зразків печива

Показник	Досліджувана рецептура			
	Контроль	№1	№2	№3
Вологість, %	8	4,83	6,5	4,66
Лужність, град	0,2	0,6	0,6	0,6
Намокаємість, %	154	135	270	192

Аналізуючи результати з отриманих даних (табл.3.6.) можна стверджувати, що розроблені варіанти рецептури печива, зразки №1 та №3 мають менший відсоток вологи, якщо порівняти відносно контрольного зразка. Це може бути пояснено тим, що в контрольному зразку принципово інший рецептурний склад компонентів, наявні яйцепродукти, які можуть свідчити про більший відсоток вологи. Відповідно до результатів можна побачити, що досліджуваний зразок №2, що має у рецептурі мальтодекстрин та суміші крохмалей, має ближчий відсоток вологості в порівнянні з контрольним зразком.

За результатом дослідження щодо визначення намокаємості дослідних рецептур печива за варіантами (зразки №1, №2, №3) можна стверджувати, що рецептурний варіант №1 має близьке до контрольного зразка значення намокаємості, що свідчить про менш пористу структуру, печива, а отже тоді воно менш крихке, тобто більш міцне. Зразки №2 та №3 з більшими значеннями намокаємості є відповідно більш крихкі та менш міцні. Особливо дуже високий відсоток намокаємості (270%) має дослідний зразок печива №2, що свідчить про його дуже пористу структуру.

Міцність готових виробів досліджуваних зразків печива визначали за допомогою приладу Строганова. Сутність методу полягає в вимірюванні зусилля (навантаження) яка спричиняє руйнування (розломлювання) печива.

На рисунку 3.12. наведено гістограму, на якій показано значення міцності досліджуваних зразків печива, виготовлених за рецептурами в таблиці 3.3.

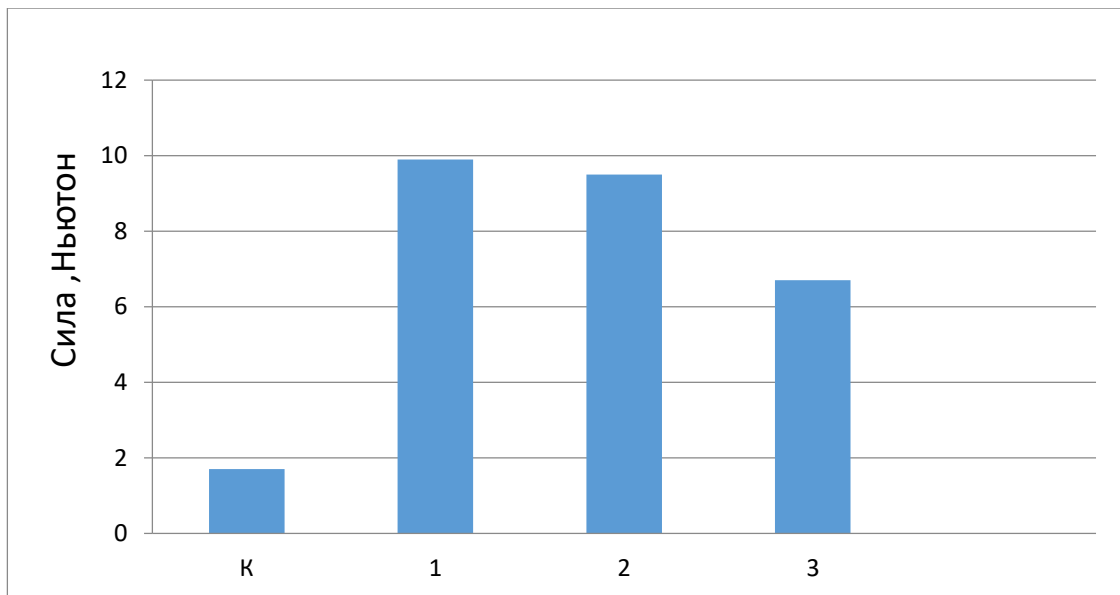


Рисунок 3.12. Міцність досліджуваних зразків печива.

К – печиво – контрольний зразок;

1 – печиво, виготовлене за рецептурою №1;

2 – печиво, виготовлене за рецептурою №2;

3 – печиво, виготовлене за рецептурою №3;

Аналізуючи отримані результати можна стверджувати, що низькобілкове печиво має набагато більшу міцність, ніж традиційне здобне печиво (контрольний зразок). Тобто структуроутворювачі камідь ксантана, карбоксиметилцелюлоза та мальтодекстрин спричиняють зміцнення структури виробів.

Максимальне зміцнення структури притаманне зразку печива виготовленому з застосуванням каміди ксантана та мальтодекстрину (зразок №1, 9,9 Ньютон). Печиво виготовлене на суміші крохмалей: кукурудзяний крохмаль + тапіоковий крохмаль і мальтодекстрин має близьке значення міцності (зразок №2, 9,5 Ньютон) відносно першого дослідного зразка. Меншу міцність має зразок №3 (6,7 Ньютон) в порівнянні з ішними зразками, але більше значення відносно контрольного зразка. Отже, виходячи з отриманих результатів дослідження міцності печива, можна стверджувати, що максимальний вплив на зміцнення структури печива має мальтодекстрин та структуроутворювач ксантанова камедь [36].

3.6. Дослідження сорбційно-десорбційних властивостей низькобілкового печива

Дослідження сорбційно-десорбційних властивостей готових виробів провели ваговим методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена.

Сорбція вологи – важливий показник готових виробів, оскільки він характеризує як вироби будуть поводити себе під час зберігання.

На рис. 3.13; 3.14 та 3.15 зображені ізотерми сорбції та десорбції вологи готовими низькобілковими виробами. Для проведення цього дослідження було обрано зразки готових виробів виготовлених за всіма трьома рецептурними композиціями згідно з даними таблиці 3.3.

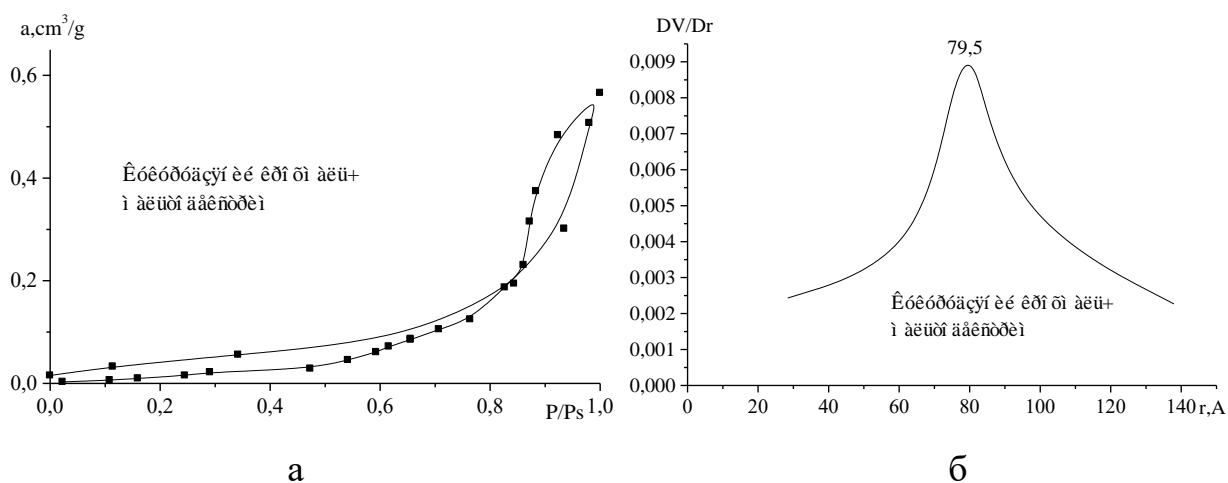


Рис. 3.13. Ізотерми сорбції та десорбції (а) і графік розподілу пор за радіусом (б) виробів виготовлених з застосуванням суміші кукурудзяного та тапіокового крохмалей, з додаванням мальтодекстрину, зразок №2 згідно таблиці 3.3.

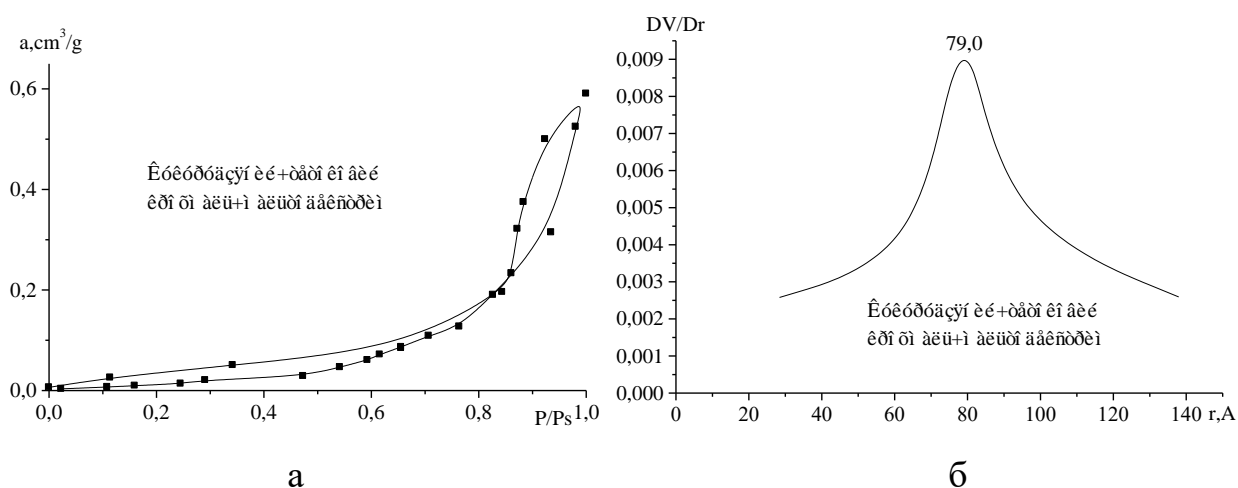


Рис. 3.14. Ізотерми сорбції та десорбції (а) і графік розподілу пор за радіусом (б) виробів виготовлених з застосуванням кукурудзяного крохмалю з мальтодекстрином, зразок №1 згідно таблиці 3.3.

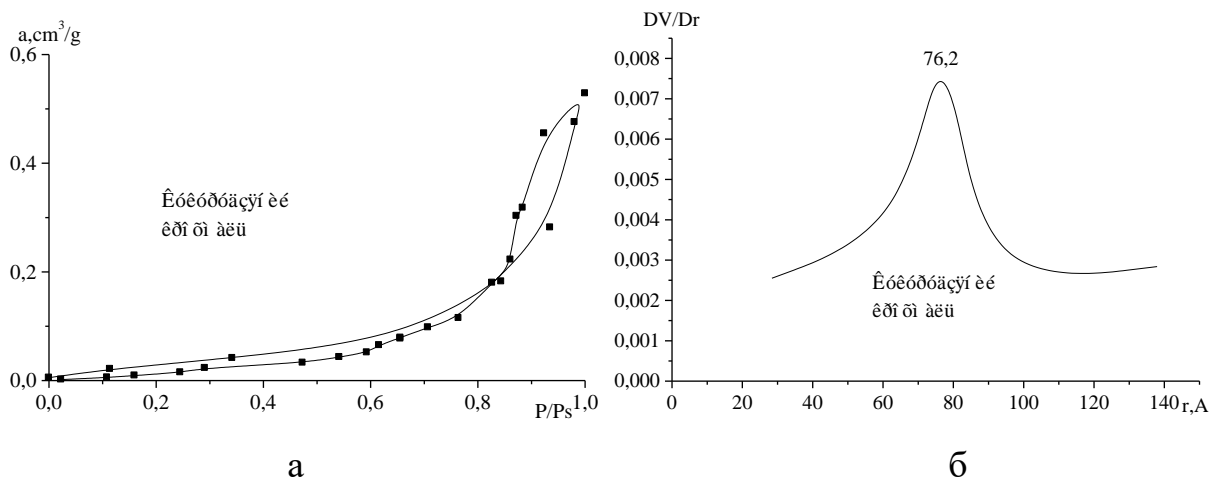


Рис. 3.15. Ізотерми сорбції та десорбції (а) і графік розподілу пор за радіусом (б) виробів виготовлених з застосуванням кукурудзяного крохмалю з карбоксиметилцелюлозою, зразок №3 згідно таблиці 3.3.

Для порівняння отриманих результатів розглянемо рис.3.16.

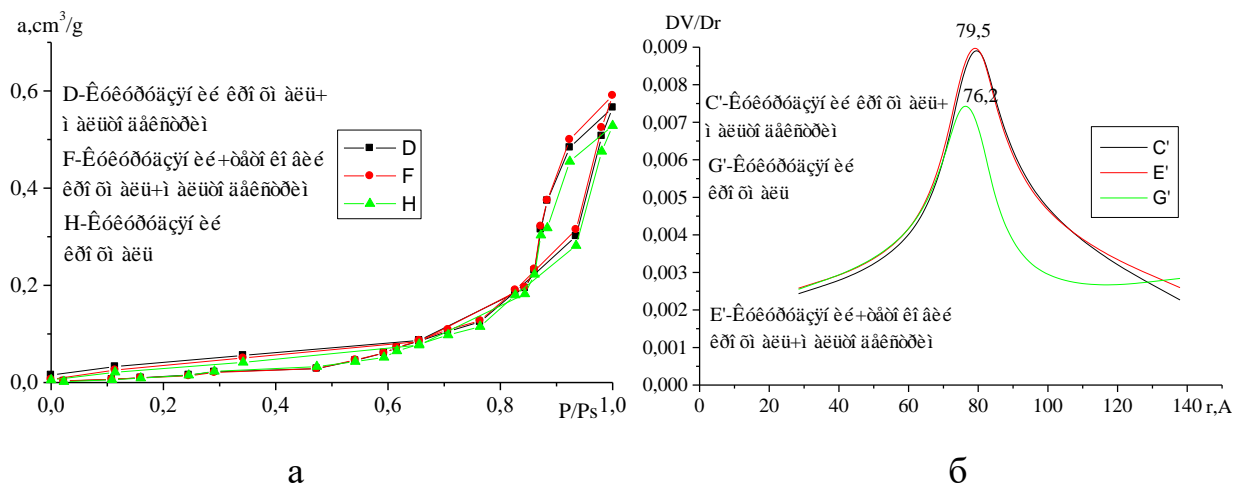


Рис. 3.16. Ізотерми сорбції та десорбції (а) і графік розподілу пор за радіусом (б) виробів виготовлених згідно рецептурних композицій, наведених у таблиці 3.3.

Де:

- літера D (чорна лінія) на рисунку А, літера С (чорна лінія) на рисунку Б відповідно зразок №1, кукурудзяний крохмаль + мальтодекстрин;
- літера F (червона лінія) на рисунку А, літера Е (червона лінія) на рисунку

Б відповідно зразок №2, кукурудзяний крохмаль + тапіоковий крохмаль + мальтодекстрин;

- літера Н (зелена лінія) на рисунку А, літера G (зелена лінія) на рисунку Б відповідно зразок №3, кукурудзяний крохмаль + карбоксиметилцелюлоза.

Виходячи з першого графіку адсорбції вологи, можна сказати, що зразки адсорбували вологу до тиску $P/P_s=0,3$ не активно, бо йшла так звана адсорбція поверхневого шару зразків, а далі – йшло проникнення до внутрішнього об'єму і вони активувалися, бо під тиском вологи зразки розпушувалися і всмоктувалися пари, бо об'єм пор зразків доволі високий.

Найбільше набирав вологу зразок №2 «Кукурудзяний + тапіоковий крохмаль + мальтодекстрин», бо його об'єм пор дорівнював: $V_s=0,59 \text{ см}^3/\text{г}$, а найменше набирав вологу зразок №3 «Кукурудзяний крохмаль + КМЦ», про що свідчить його об'єм пор: $V_s=0,53 \text{ см}^3/\text{г}$.

Петлі гістерезису (площа між кривою адсорбції, що йде від нуля до верху і десорбції, що йде зверху до нуля) у зразків майже однакові, що свідчить про схожі структурні дані (Рис.3.16. (Б)).

На кривій розподілу пор за радіусами видно, що у зразка №2 «Кукурудзяний +тапіоковий крохмаль+мальтодекстрин» пік найвищий, тобто великих пор у нього найбільше з діаметром 79,5 ангстрем. Найменший пік у зразка №3 «Кукурудзяний крохмаль+КМЦ», великих пор у нього замало, тому і найменший у нього об'єм пор.

Усі зразки мають майже подібну адсорбційну структуру, бо їх адсорбційні криві співпадають за формою. Хоча у зразка №2 «Кукурудзяний+тапіоковий крохмаль+мальтодекстрин» крива найбільша за об'ємом петлі гістерезису, а у зразка №3 «Кукурудзяний крохмаль+КМЦ» - найменша.

З графіку розподілу пор за радіусами можна побачити наочно і вирахувати кількість пор. Це визначається так: перпендикуляр опускають від кінця заокруглення до осі абсцис з кожного боку і площа під

перпендикулярами дає кількість пор. На графіках розподілу пор за радіусами видно, що найбільша кількість пор і найвищий пік у зразка: №2 «Кукурудзяний+тапіоковий крохмаль+мальтодекстрин» (діаметр пор 79,5 ангстрем) а у зразка типу «Кукурудзяний крохмаль+КМЦ» - найменший пік з радіусом пор 76,2 ангстрем і за таблицею структурних характеристик діаметр пор менший, бо в нього найменше за кількістю пор.

Усі зразки мають чудовий опуклий гістерезис, проте далі лінія десорбції не лягає на лінію адсорбції і не закінчується на нулі, тому що зразки мають хемосорбцію – волога хімічно зв'язалася із зразками, що визначає їх неостаточне видалення сорбату.

Хемосорбція – це хімічний зв'язок молекул зразків з адсорбатом, який не руйнується навіть при повному вакуумуванні при температурі зйомки, тобто при 20⁰С.

Для більш наочного представлення процесів сорбції-десорбції низькобілкового печива дані наведені на ізотермах представлено в таблиці 3.7. Ізометри розділено на певні зони.

Таблиця 3.7. Вміст вологи по зонах ізотерм сорбції-десорбції

Зони сорбції-десорбції		Назва зразка			
		Дослідні зразки			
		Зразок №1, кукурудз. крохмаль + мальтодекстр.	Зразок №2, кукурудз. крохмаль + тапіок.	Зразок №3, кукурудз. крохмаль + КМЦ	
I зона	$a_w < 0,02;$	Сорбція	0,03	0,02	0,01
		Десорбція	0,01	0,01	0,001
	$a_w = 0,02 \dots 0,20;$	Сорбція	0,05	0,05	0,04
		Десорбція	0,13	0,13	0,12
II зона	$a_w = 0,20 \dots 0,60;$	Сорбція	0,5	0,49	0,45
		Десорбція	0,3	0,29	0,28
	$a_w = 0,60 \dots 0,75;$	Сорбція	0,6	-	-
		Десорбція	-	-	-
	$a_w = 0,75 \dots 0,85;$	Сорбція	-	-	-
		Десорбція	-	-	-
III зона	$a_w = 0,85 \dots 1,0;$	Сорбція	-	-	-
		Десорбція	-	-	-

Зразки печива виготовлені згідно рецептурних композицій, наведених у таблиці 3.3, далі позначені як зразок №1, №2 та №3 відповідно.

Таблиця 3.8. - Результати визначення властивостей сорбції та десорбції

№п \п	Назва зразка	Питома адсорбційна поверхня зразків $S, \text{м}^2/\text{г}$	Радіус пор, R^2	Сорбційний об'єм пор зразків, $V_s, \text{см}^3/\text{г}$	Діаметр пор у ангестремах, $D, \text{А}$
1.	Зразок №1	1	0,5963	0,57	79,0
2.	Зразок №2	1	0,7092	0,59	79,5
3.	Зразок №3	1	0,5008	0,53	76,2

Де: $S, \text{м}^2/\text{г}$ – питома адсорбційна поверхня зразків (монослой, верхній шар);

$V_s, \text{см}^3/\text{г}$ – сорбційний об'єм пор зразків (найбільша кількість води, яку може взяти зразок при 20 0С з тиском 17,54 ммрс);

R^2 – квадрат похибки розрахунку сорбційної поверхні;

R^2 – квадрат похибки розрахунку адсорбційної поверхні.

Як видно з даних, наведених у таблиці 3.8. наявність мальтодекстрина в печиві приводить до збільшення питомої адсорбційної поверхні зразків. При цьому діаметр пор збільшується. Сорбційний об'єм пор двох досліджуваних зразків №1 та №2 приблизно однаковий, на відміну від зразка №3, що має менший діаметр пор [40,41].

3.7. Розрахунок харчової, енергетичної цінності, кількості білка і фенілаланіна

Харчова цінність є провідним показником якості їжі. Вона визначає, чи відповідає їжа найкращим потребам людини в основних поживних речовинах та енергії (білки, жири, вуглеводи, мікро- та макроелементи тощо). Харчова цінність - це поняття, яке відображає всі корисні властивості їжі, включаючи ступінь задоволення людським організмом фізіологічних потреб у основних поживних речовинах, енергії та сенсорних властивостях.

Енергетична цінність - енергія (ккал, кілоджоуль), що виділяється з харчових поживних речовин в організм людини для забезпечення його фізіологічної функції. Різні компоненти їжі (поживні речовини) мають такі енергетичні цінності:

Таблиця 3.9. Енергетична цінність харчових речовин

Харчові речовини	Енергетична цінність, ккал/г
Білки	4,0
Жири	9,0
Вуглеводи	4,0

Відповідно до цих значень енергетичну цінність (ЕЦ, ккал) 100 г харчової сировини або продукції розраховують за такою формулою:

$$ЕЦ = Б \cdot 4,0 + Ж \cdot 9,0 + В \cdot 4,0,$$

де Б – вміст білка, г/100 г продукту; Ж – вміст жирів, г/100 г продукту; В – вміст вуглеводів, г/100 г продукту.

Таблиця 3.10 – Визначення білків, жирів, вуглеводів та енергетичної цінності дослідного зразка №1 низькобілкового печива (крохмаль кукурудзяний + мальтодекстрин)

Назва сировини	Кількість сировини в 100 г продукту, г	Білки, г		Жири, г		Вуглеводи, г	
		в 100 г сировини	в 100г продукт у	в 100г сировини	в 100г продукт у	в 100г сировини	в 100г продукт у
Крохмаль кукурудзяний	50,0	0,65	0,325	0,33	0,165	85,56	42,78
Цукор	10,0	-	-	-	-	100,0	10,0
Масло вершкове	23,0	0,6	0,138	82,5	18,975	0,8	0,184
Мальтодекстрин	10,0	-	-	-	-	96,0	9,6
Сода харчова	0,2	9,73	0,02	9,56	0,019	4,96	0,01
Камедь ксантана	0,1	6,0	0,006	0,5	0,0005	-	-
Всього	—	0,489		19,16		62,574	

Визначасмо білків, жирів, вуглеводів та енергетичну цінність 100 г низькобілкового печива:

$$EЦ = 0,489 \cdot 4 + 19,16 \cdot 9 + 62,574 \cdot 4 = 424,692 \text{ ккал}$$

Обраховуємо покриття добової потреби за рахунок вживання 100 г печива (%) слідуючим чином:

$$X = 0,489 \cdot 100/90 = 0,543\%$$

Таблиця 3.11 – Визначення білків, жирів, вуглеводів та енергетичної цінності дослідного зразка №2 низькобілкового печива (кукурудзяний + тапіоковий крохмалі + мальтодекстрин)

Назва сировини	Кількість сировини в 100 г продукту, г	Білки, г		Жири, г		Вуглеводи, г	
		в 100 г сировини	в 100г продукту	в 100г сировини	в 100г продукту	в 100г сировини	в 100г продукту
Крохмаль кукурудзяний	40,0	0,65	0,26	0,33	0,132	85,56	34,224
Крохмаль тапіоковий	10,0	-	-	-	-	88,0	8,8
Цукор	10,0	-	-	-	-	100,0	10,0
Масло вершкове	23,0	0,6	0,138	82,5	18,975	0,8	0,184
Мальтодекстрин	10,0	-	-	-	-	96,0	9,6
Сода харчова	0,2	9,73	0,02	9,56	0,019	4,96	0,01
Камедь ксантана	0,1	6,0	0,006	0,5	0,0005	-	-
Всього	—	0,489		19,16		62,818	

Визначаємо білків, жирів, вуглеводів та енергетичну цінність 100 г низькобілкового печива:

$$EЦ = 0,489 \cdot 4 + 19,16 \cdot 9 + 62,818 \cdot 4 = 425,668 \text{ ккал}$$

Обраховуємо покриття добової потреби за рахунок вживання 100 г печива (%) слідуючим чином:

$$X = 0,489 \cdot 100/90 = 0,543\%$$

Таблиця 3.12 – Визначення білків, жирів, вуглеводів та енергетичної цінності дослідного зразка №3 низькобілкового печива (кукурудзяний крохмаль +КМЦ)

Назва сировини	Кількість сировини в 100 г продукту, г	Білки, г		Жири, г		Вуглеводи, г	
		в 100 г сировини	в 100г продукту	в 100г сировини	в 100г продукту	в 100г сировини	в 100г продукту
Крохмаль кукурудзяний	50,0	0,65	0,325	0,33	0,165	85,56	42,78
Цукор	10,0	-	-	-	-	100,0	10,0
Масло вершкове	23,0	0,6	0,138	82,5	18,975	0,8	0,184
Карбоксиметилцелюлоза	0,1	-	-	-	-	79,0	0,079
Сода харчова	0,2	9,73	0,02	9,56	0,019	4,96	0,01
Камедь ксантана	0,1	6,0	0,006	0,5	0,0005	-	-
Всього	—	0,489		19,16		53,053	

Визначаємо білків, жирів, вуглеводів та енергетичну цінність 100 г низькобілкового печива:

$$EЦ = 0,489 \cdot 4 + 19,16 \cdot 9 + 53,053 \cdot 4 = 386,608 \text{ ккал}$$

Обраховуємо покриття добової потреби за рахунок вживання 100 г печива (%) слідуючим чином:

$$X = 0,489 \cdot 100/90 = 0,543\%$$

Висновок: Отже, з наведених даних та проаналізованих результатів можна побачити, що при вживанні 100 г низькобілкового печива покриття добової потреби становить: білків на 0,543%, жирів на 21,29%, вуглеводів на 16,84%. Дані цифри, результати однакові та відповідають всім трьом проаналізованим рецептурам досліджуваного печива, рецептури яких взяті згідно таблиці 3.3. [42].

Розрахунок білка та фенілаланіну у печиві

В раціонах харчування хворих на фенілкетонурію кількість фенілаланіну та природного білка (він містить фенілаланін) суворо обмежена.

У разі розроблення харчових продуктів, у тому числі печива для хворих на фенілкетонурію потрібно дотримуватись обмежень по вмісту білка та фенілаланіна. Вміст білка у низькобілкових виробах повинен не перевищувати 1 г на 100 г виробу, вміст фенілаланіну не більше 10% дозволеної добової кількості. Для дітей віком 4...6 років середня припустима добова кількість фенілаланіну 450 мг, дітей віком 7...11 років – 500 мг.

У таблиці 3.13. наведено розрахунок кількості білка та фенілаланіну в досліджуваних зразках печива.

Таблиця 3.13. Розрахунок кількості білка та фенілаланіну у дослідних зразках низькобілкового печива

Досліджувана рецептура	Загальна кількість на 100 г виробу		% ФА від максимально кількості у разі споживання 100 г печива дитиною віком	
	білка, г	фенілаланіну, мг	4-6 років	7-11 років
№1	0,489	15,7	5,0	4,5
№2	0,489	15,7	5,0	4,5
№3	0,489	15,7	4,0	4,4

За отриманими результатами розрахунку кількості білка та фенілаланіну в досліджуваних зразках печива можна стверджувати, що в усіх зразках кількість білку на 100 грам продукту не перевищує 0,7 г, тобто знаходиться в дозволених межах, кількість фенілаланіну не перевищує 5% дозволеної добової кількості. Отже, за кількістю фенілаланіну розроблене низькобілкове печиво є безпечним для хворих на фелікетонурію [43,44,45].

3.8. Оцінювання показників якості низькобілкового печива за комплексним показником

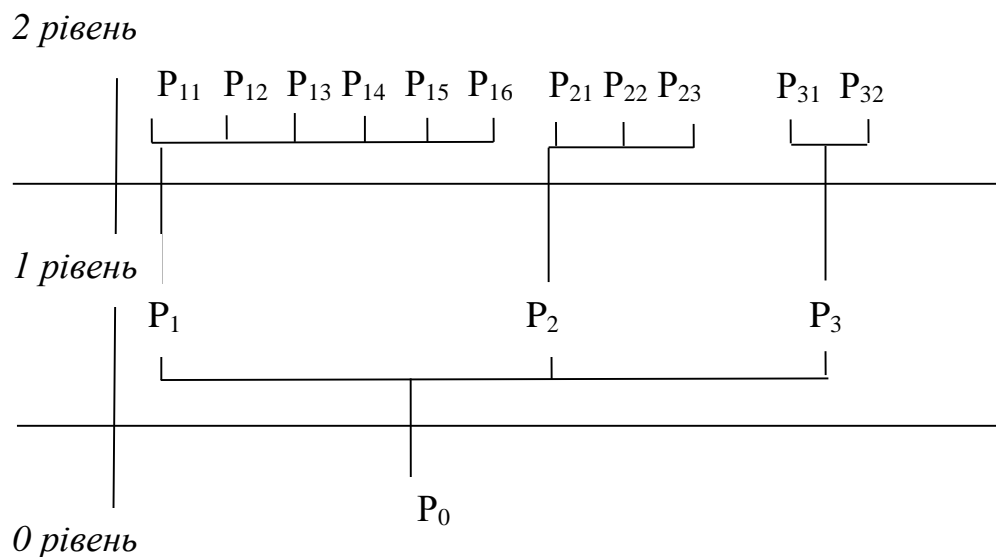


Рис. 3.17. Ієрархічне дерево властивостей низькобілкового печива

На 1- рівні наведено:

P_1 – органолептичні показники;

P_2 – фізико-хімічні показники;

P_3 – показник спеціального (дієтичного) призначення.

На 2- рівні ці показники диференціюються.

P_1 на: P_{11} – смак, P_{12} – запах, P_{13} – колір, P_{14} – форма, P_{15} – стан поверхні, P_{16} – вид в розломі.

P_2 диференціюється на: P_{21} – вологість, P_{22} – намочуваність, P_{23} – лужність.

P_3 диференціюється на: P_{31} – кількість білка, P_{32} – кількість фенілаланіна.

Оцінювання якості розроблених найменувань низькобілкового печива проводили за комплексним показником згідно 2-го рівня ієрархічного дерева.

В загальному вигляді формула має вигляд:

$$K_0 = M_1 \left(M_{11} \frac{P_{11}}{P_{11}^{\delta}} + M_{12} \frac{P_{12}}{P_{12}^{\delta}} + M_{13} \frac{P_{13}}{P_{13}^{\delta}} + M_{14} \frac{P_{14}}{P_{14}^{\delta}} + M_{15} \frac{P_{15}}{P_{15}^{\delta}} + M_{16} \frac{P_{16}}{P_{16}^{\delta}} \right) + M_2 \left(M_{21} \frac{P_{21}}{P_{21}^{\delta}} + M_{22} \frac{P_{22}}{P_{22}^{\delta}} + M_{23} \frac{P_{23}}{P_{23}^{\delta}} \right) + M_3 \left(M_{31} \frac{P_{31}}{P_{31}^{\delta}} + M_{32} \frac{P_{32}}{P_{32}^{\delta}} \right)$$

Де, M_1, M_2, M_3 – коефіцієнти вагомості органолептичних, фізико-хімічних показників спеціального призначення;

$M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{14}, M_{15}, M_{16}$ – коефіцієнти вагомості конкретних органолептичних показників: смак, запах, колір, форма, стан поверхні, вид в розломі;

M_{21}, M_{22}, M_{23} – коефіцієнти вагомості фізико-хімічних показників (вологість, намоочуваність, лужність);

M_{31}, M_{32} – коефіцієнти вагомості певних показників спеціального призначення: кількість білка, кількість фенілаланіну.

Визначення величини коефіцієнтів вагомості є важливим в оцінюванні якості за комплексним показником. Від їх правильного вибору (визначення) буде залежати коректність оцінювання виробів. Потрібно зазначити, що у разі розроблення формул для оцінювання виробів функціонального, дієтичного призначення потрібно надавати перевагу коефіцієнтам вагомості показників спеціального призначення. Однак, потрібно пам'ятати, що вироби повинні бути смачні. В такому разі коефіцієнти вагомості органолептичних показників теж повинні бути значущими. В таблиці 3.14. Наведено коефіцієнти вагомості, що застосовано під час оцінювання низькобілкового печива.

Таблиця 3.14. Коефіцієнти вагомості

1-й рівень		2-й рівень					
M_1	0,35	M_{11}	0,2	M_{21}	0,30	M_{31}	0,4
M_2	0,25	M_{12}	0,15	M_{22}	0,40	M_{32}	0,6
M_3	0,40	M_{13}	0,15	M_{23}	0,20		
		M_{14}	0,15				
		M_{15}	0,15				
		M_{16}	0,20				

Доцільно акцентувати увагу на виборі базового зразку з показниками якості якого (P_{nj}^b) буде проведено порівняння дослідженого виробу. В нашому випадку це низькобілкове печиво.

Органолептичні показники оцінюємо за 5-ти бальною шкалою, де 5 балів найкращі результати (оцінка), 1 бал – найгірша. Всі органолептичні базового (еталонного) зразку з яким порівнюємо нове низькобілкове печиво, приймаємо за 5 балів.

Базові значення фізико-хімічних показників приймаємо відповідно до нормативної документації (ДСТУ 7346:2013 Вироби кондитерські для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови) [46].

В цьому стандарті зазначено, що:

- Вологість печива повинна бути не більше 7 %;
- Намочуваність не менше 110%;
- Лужність не більше 2 град.

Приймаємо наступні значення: P_{21}^b (вологість) – 7,0; P_{22}^b (намочуваність) – 110%; лужність – 2 град.

Базові значення показників спеціального призначення нами було розраховано з урахуванням таких факторів:

- Можливе добове споживання приробного білка та фенілаланіну дітьми хворими на фенілкетонурію;
- В 100 г виробу для хворих на фенілкетонурію може бути не більше 10% добової норми фенілаланіну.

В цьому випадку приймаємо наступні базові значення:

P_{31} (білок) – 1 г; P_{32} (фенілаланін) – 40 мг.

З урахуванням наведеної вище інформації формула для розрахунку комплексного показника якості трьох розроблених найменувань низькобілкового печива буде мати наступний вигляд:

$$K_0 = 0,35 \left(0,32 \frac{P_{11}}{5} + 0,15 \frac{P_{12}}{5} + 0,15 \frac{P_{13}}{5} + 0,15 \frac{P_{14}}{5} + 0,15 \frac{P_{15}}{5} + 0,2 \frac{P_{16}}{5} \right) + 0,25 \left(0,3 \frac{P_{21}}{7} + 0,2 \frac{P_{22}}{110} + 0,2 \frac{P_{23}}{2} \right) + 0,4 \left(0,4 \frac{P_{31}}{1,0} + 0,6 \frac{P_{32}}{40} \right)$$

В цій формулі $P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}, P_{16}$ – органолептичні показники (смак, запах, колір, форма, стан поверхні, вид в розломі) досліджуваних зразків низькобілкового печива, їх значення наведено раніше в таблиці 3.2.

P_{21}, P_{22}, P_{23} – фізико-хімічні показники (вологість, намочуваність, лужність) досліджуваних зразків низькобілкового печива, їх значення наведено раніше в таблиці 3.6.

P_{31}, P_{32} – показники спеціального призначення, логіка їх визначення наведена вище.

Розрахунок комплексного показника якості низькобілкового печива показав:

печиво, виготовлене за рецептурою №1 – $K = 0,77$;

печиво, виготовлене за рецептурою №2 – $K = 0,80$;

печиво, виготовлене за рецептурою №3 – $K = 0,71$.

Оцінювання комплексного показника низькобілкового печива проводили згідно функції бажаності Харрінгтона (таблиця 3.15.).

Таблиця 3.15. Оцінка якості комплексного показника згідно функції бажаності Харрінгтона

Значення комплексного показника	Оцінка за функцією Харрінгтона
0,8 – 1,0	Відмінно
0,63 – 0,79	Добре
0,37 – 0,62	Задовільно
0,20 – 0,36	Погано
0,19 і <	Дуже погано

Потрібно зазначити, що оцінювання органолептичних показників проводили у порівнянні з традиційним здобним печивом. Але низькобілкове печиво має принципово інший склад рецептурних інгредієнтів. Відсутнє пшеничне борошно та яйцепродукти, які сприяють створенню гарних органолептичних показників. Замість пшеничного борошна застосовується крохмаль який обумовлює специфічні смакові та структурні властивості виробу. З метою поліпшення органолептичних показників низькобілкового печива в подальшій роботі буде здійснено підбір різних смакоароматичних речовин та добавок [42].

Висновки до розділу

1. Розроблено рецептурні композиції низькобілкового печива та обрано 3 найкращих зразка згідно результатів органолептичної оцінки для проведення наступних досліджень.
2. При дослідженнях тістових мас низькобілкового печива було визначено вологість тіста, що за результатами має набагато більший відсоток вологи відносно контрольного зразка та визначено граничну напругу зсуву.
3. Розроблено параметричну схему процесу формування тістових заготовок.
4. За органолептичними показниками печива встановлено оптимальні параметри термооброблення для всіх зразків печива: температура випікання-сушіння – 220 °С, та тривалість випікання – 10 хвилин.
5. Визначено структурні та фізико-хімічні показники низькобілкового печива.
6. Досліджено сорбційно-десорбційні властивості низькобілкового печива.
7. За розрахунками білка та фенілаланіну в досліджуваних зразках печива можна стверджувати, що дане печиво є безпечним для споживання хворим на фенілкетонурію.
8. Згідно з розрахунком комплексного показника якості низькобілкового печива можна стверджувати, що воно задовільняє вимоги щодо споживання, проте потребує доопрацювання в смако-ароматичних показниках.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок рецептури

В процесі експериментальних досліджень було встановлено, що печиво, виготовлене за формулою №1, має найкращі споживчі характеристики.

Оскільки структура розробленого печива схожа на масляне печиво, при розрахунку формули слід враховувати однакову вартість сухої речовини (4,5%) при виробництві масляного печива.,

Таблиця 4.1 - Уніфікована рецептура

Назва сировини	М. ч. сухих речовин, %	Витрати сировини на завантаження, кг		На 1т готової продукції, кг	
		В натурі	В сухих речовинах	В натурі	В сухих речовинах
Крохмаль кукурудзяний	87,00	50,00	43,5	500	435
Цукор	99,85	10,00	9,985	100	99,85
Масло вершкове	84,00	23,00	19,32	230	193,2
Мальтодекстрин	94,00	10,00	9,4	100	94
Камедь ксантанова	91,00	0,1	0,091	1,0	0,91
Вода	0,1	15,0	0,015	150	0,15
Сода харчова	50,00	0,2	0,1	2,0	1,0
Всього	-	108,3	82,411	1083	824,11
Вихід	94,00	91,0	78,7	1000,0	787,0

4.2. Продуктовий розрахунок

Розрахунок продукції включає визначення собівартості сировини та додаткових матеріалів, а також вартості напівфабрикатів, вироблених нами самими, та напівфабрикатів збоку.

4.2.1. Розрахунок потужності лінії

Розрахунок продуктивності проводимо по ведучому обладнанню. При виробництві печива ведучим обладнанням є піч.

Продуктивність для виробництва печива кг/год, визначається за такою формулою:

$$P = \frac{60 * n * n_1 * m * N}{\tau_0 * \tau}$$

; кг/год (4.1)

де n_1 -кількість виробів на листі, шт;
N-кількість вагонеток, шт;
 n -кількість листів на вагонетці, шт;
 τ -час випікання;

$$n_1 = \frac{B-a}{d+a} * \frac{L-a}{d+a}; \text{ шт.} \quad (4.2)$$

де d -діаметр виробу;
L- довжина листа;
B- ширина листа.

Продуктивність виробництва низькобілкового печива

$$P_{год} = \frac{60 * 18 * 291 * 0.0076 * 1}{3 + 12} = 159,2 \text{ кг/год}$$

$$n_1 = \frac{600-10}{30+10} * \frac{800-10}{30+10} = 29 \text{ шт}$$

Змінна потужність:

$$P_{зм} = 159,2 * 7,5 = 1194 \text{ кг/зм}$$

4.2.2. Розрахунок основної та додаткової сировини

Розрахунок основної та додаткової сировини проводимо згідно з продуктивністю ліній (табл. 4.2).

Для розрахунку необхідно використовувати дані уніфікованої рецептури (табл. 4.1).

Таблиця 4.2 Розрахунок витрат основної та додаткової сировини

Назва сировини	Витрата сировини	
	На 1 т готової продукції, кг	За зміну, кг
Крохмаль кукурудзяний	500	597,37
Цукор	100	119,47
Масло вершкове	230	274,79
Мальтодекстрин	100	119,47
Камедь ксантанова	1,0	1,19
Вода	150	179,21
Сода харчова	2,0	2,39

4.2.3. Розрахунок напівфабрикатів

Розрахунок напівфабрикату полягає в тому, щоб дізнатися, скільки витрачається кожна зміна на напівфабрикат, виготовлений самостійно, а потім визначити:

- Забезпечити необхідну в процесі виробництва кількість напівфабрикатів;
- Кількість та марка обладнання, що виробляє напівфабрикат;
- Танки для проміжного зберігання напівфабрикатів, марок насосів та інших транспортних засобів, що використовуються для переміщення напівфабрикатів.

Таблиця 4.3 - витрати напівфабрикатів кондитерського цеху

Напівфабрикат	Низькобілкове печиво	
	На 1000, кг	На 1194 кг, кг
Тісто	1185,09	1415,89

4.2.4. Визначення потреби у допоміжних матеріалах і тарі

До допоміжних матеріалів у кондитерському виробництві відносять матеріали, які йдуть на обгортання і пакування кондитерських виробів: папір, фольга, клейова стрічка, гофрокороби, етикетки, тощо.

Таблиця 4.4. Витрати допоміжних та тари матеріалів для низькобілкового печива

Сировина	Печиво низькобілкове	
	На 1000 кг готової продукції	На добу 1194, кг
Гофрокороб 12, шт	200	238
Етикетка, кг	37,2	44,5
Клей декстрин, кг	3	3,6
Маркіровка, шт	250	299
Стрічка скотч з логотипом, кг	6	7,2

4.3. Підбір і розрахунок технологічного обладнання

Виробниче обладнання підбирається відповідно до обраної програми. При виборі технічного обладнання особливу увагу слід приділяти забезпеченню якісної продукції, збільшенню її випуску та продуктивності, мінімізуючи при цьому втрати матеріальних ресурсів.

При виборі обладнання слід враховувати можливості продукції та обладнання зі змінною продуктивністю. Ступінь використання обладнання в кондитерській промисловості становить 0,85-0,95.

Кількість обладнання:

$$N = \frac{Q}{P} \cdot 0,93$$

де Q – годинний виробіток, кг/год;

P – потужність обладнання, кг/год.

Дані підбору технологічного обладнання, згідно виробничого процесу, зводимо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5. Підбір і розрахунок технологічного обладнання

№ п/п	Виробничий процес	Виробництво за зміну, т	Обладнання			
			Назва	Потужність, т/зм	Кількість	
					розрахункова	прийнята
1	Просіювання крохмалю	0,67	Просіювач «Піонер»	9,4	0,07	1
2	Підігрів вершкового масла	0,29	Темперуюча машина SELMI FUTURA	1,2	0,24	1
3	Приготування тіста	1,42	Тістомісильна машина з підкатною діжею MAC.PAN MSPA 200	2,2	0,65	1
4	Приготування печива	1,42	Delfin Duero 400	1,7	0,85	1
5	Пакування готової продукції	1,195	Горизонтальна упаковочна машина флоу-пак YFP-320GPZ	3,15	0,40	1

4.4. Обґрунтування та опис технологічної схеми та параметрів виробництва низькобілкового печива

Дослідження показали, що структура та механічні властивості білків з низьким вмістом білка подібні до масляного печива. Тому в процесі виробництва білків з низьким вмістом білка рекомендується використовувати технічне обладнання, призначене для виробництва масляного печива. Рекомендується формувати печиво з низьким вмістом білка методом осадження.

Виготовляється печиво з низьким вмістом білка зі кукурудзяного крохмалю, цукру, вершкового масла, мальтодекстрину, соди харчової, води та камеді ксантана.

Якість готового печива повинна відповідати вимогам діючої нормативно-технічної документації.

Печиво виготовляється відповідно до збірника «Технологічні інструкції по підготовці сировини та напівфабрикатів до виробництва, по виробництву борошняних виробів».

Технологічна схема виробництва низькобілкового печива складається з таких основних стадій:

- підготовка сировини до виробництва;
- приготування тіста;
- формування тістових заготовок;
- випікання-сушіння печива;
- охолодження;
- пакування.

Підготовка сировини

До виробництва: здійснюється згідно з «Технологічні інструкції по підготовці сировини та напівфабрикатів до виробництва, по виробництву борошняних виробів» та «Інструкцією по попередженню попадання сторонніх предметів продукцію» з дотриманням санітарних правил та норм.

Приготування тіста

Здійснюють наступним чином: у тістомісильній машині MAC.PAN MSPA 200 2 замішують попередньо пом'якшене вершкове масло та цукор на протязі 10-15 хв., після чого поступово додають решту сировини та крохмаль, замішують ще 10 хв до утворення однорідної маси. Вологість тіста становить 16-17 %, температура 22-24°C.

Формування тістових заготовок

Потім тісто за допомогою діжеперекидача подається в приймальні головку відсаджувальної машини.

Формування тістових заготовок здійснюється на відсадній машині Delfin Duero 400, яка формує заготовки відповідно до формуючої фільєри. Відформовані заготовки подаються на стрічковий конвеєр печі.

Випікання тістових заготовок проходить як комбінований процес випікання-сушіння та здійснюється в печі Döner Arabalı Ekmek Fırını Rota-609 протягом 7-12 хв. при температурі 200⁰С.

Готові вироби після випікання **охолоджують** протягом 10-15 хв. на вагонетках 5 до температури 25-35⁰С і далі печиво пакується

Пакування низькобілкових виробів необхідно проводити з метою подовження терміну зберігання готової продукції та щоб запобігти надмірної адсорбції вологи з повітря на поверхні виробів. Готові вироби пакують за допомогою горизонтальної упаковочної машини YFP-320GPZ 6 в упаковку флоу пак по 200 г та у картонну гофротару різної ваги згідно з нормативно - технічною документацією [47-52].

На рисунку 4.1. наведена технологічна схема виготовлення низькобілкового печива.

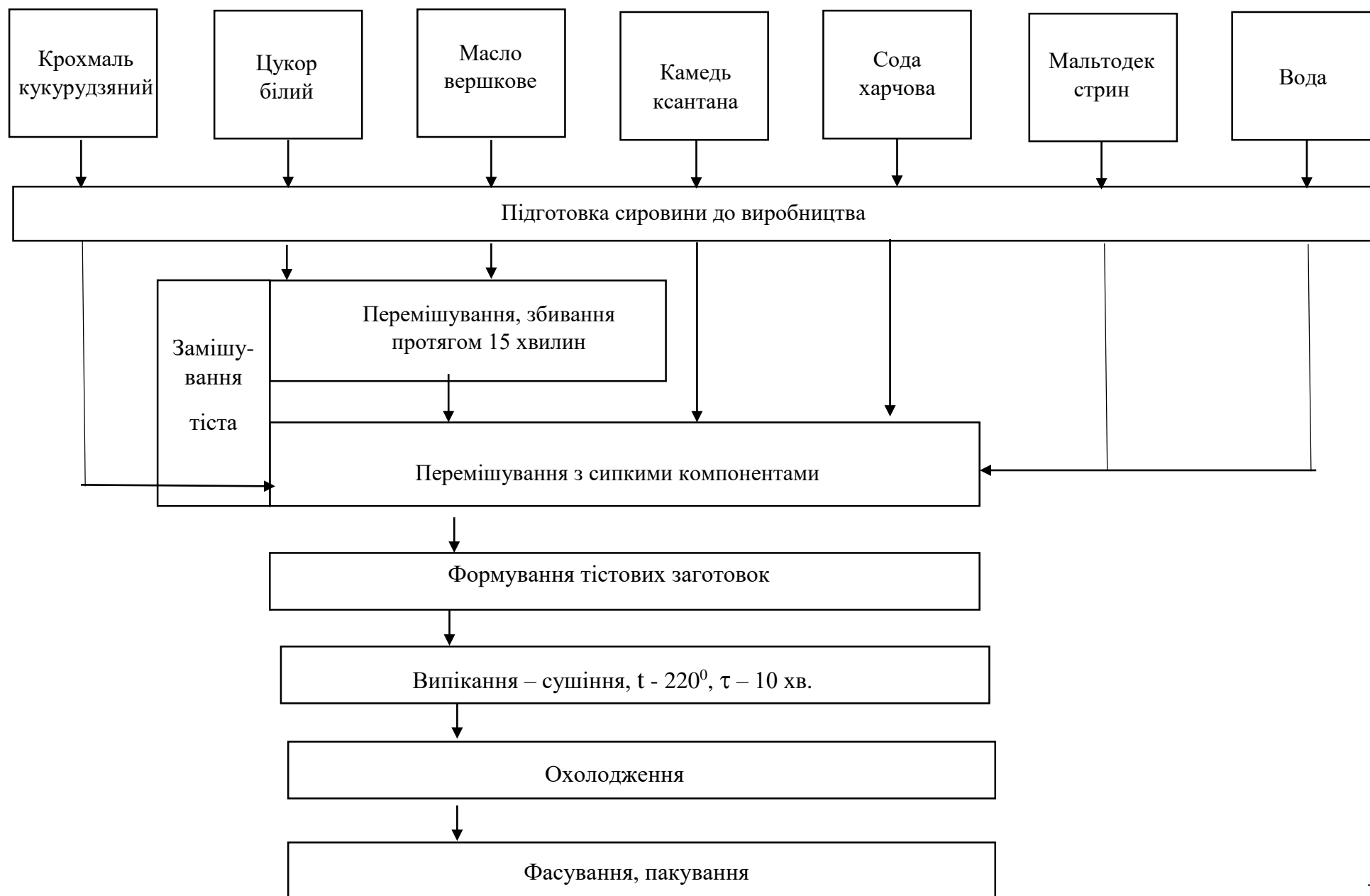


Рис. 4.1. Технологічна схема низькобілкового печива

4.5. Оптимізація процесу термооброблення низькобілкового печива

Для забезпечення необхідних органолептичних показників печива було проведено визначення оптимальних параметрів термооброблення шляхом використання математичного методу багатофакторного планування експерименту. Визначення оптимальних параметрів випікання низькобілкового печива методом експериментально-статистичного моделювання.

Термооброблення є завершальною технологічною операцією на якій формується якісні показники печива. Термооброблення печива слід розглядати як комбінований процес випікання-сушіння. Під час цього процесу відбуваються складні фізико-хімічні та колоїдні зміни. Для раціональної організації процесу випікання-сушіння потрібно розглянути фактори, які впливають на цей процес. Тож дослідження було проведено методом двофакторного експерименту. За критерій оптимізації був вибраний показник органолептичної оцінки готових виробів (рис. 4.2).

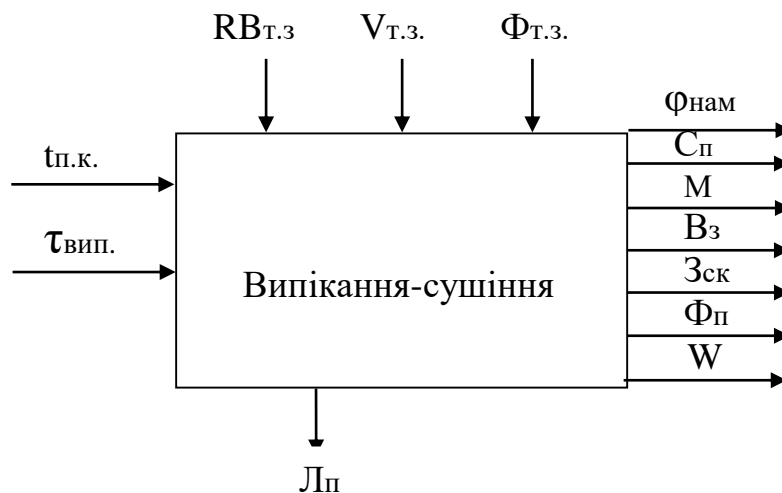


Рис.4.2 Параметрична схема випікання печива

Вхідні керівні фактори:

$t_{п.к.}$ – температура пекарної камери;

$\tau_{вип.}$ – тривалість випікання.

Вхідні збурювальні фактори:

$RB_{т.з.}$ – реологічні властивості тістових заготовок;

$V_{т.з.}$ – об'єм тістової заготовки;

$\Phi_{т.з.}$ – форма тістової заготовки.

Вихідні керовані фактори:

$\Phi_{нам.}$ – намочуваність готових виробів;

$S_{п}$ – стан поверхні;

M – міцність;

$B_{з}$ – вигляд на зламі;

$Z_{ск}$ – забарвлення скоринки;

$\Phi_{п}$ – форма печива;

W – масова частка вологи.

Вихідні параметри стану:

$L_{п}$ – лужність печива.

При постановці задачі оптимізації процесу приготування печива з метою покращення якості готового виробу за критерій оптимальності обрано намочуваність печива. Цей показник залежить від температури та тривалості випікання.

$$y = f(x_1, x_2)$$

Розрахунок оптимізації процесу виробництва низькобілкового печива був проведений на ЕОМ у комп'ютерному класі кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ.

При аналізі виготовлення печива за оптимізаційні фактори було вибрано:

$t_{п.к.}$ – температура пекарної камери, °С;

$T_{вип.}$ – тривалість випікання, хв.

В таблиці 4.6. наведено параметри діапазону факторного простору.

Таблиця 4.6 – Діапазони факторного простору

Показники	Фактори	
	тп.к.(температура)	Твип.(тривалість)
Верхній рівень X_i^+	220	10
Нижній рівень X_i^-	200	8
Інтервал варіювання Δ_i	10	1
Нульовий рівень X_i^0	210	9

Кількість рівнів=2

Кількість факторів=2

Кількість повторів =3

Оптимальні результати:

Критерій Кохрена(розр)= 0,8444

Критерій Кохрена (табл)= 0,9057

Рівняння регресії: $Y = 223,25 + (-14,75 * X_1) + (10,0833 * X_2)$

Критерій Стьюдента (табл) = 2,31

Критерій Стьюдента (розр): 3,5493 **фактор суттєвий**

2,4263 **фактор суттєвий**

Середньоквадратичне відхилення = 4,1558

Дисперсія адекватності = 330,75

Критерій Фішера (табл) = 5,3

Критерій Фішера(розр) = 4,7877

Оскільки $F_p < F_t$, рівняння адекватне.

Таблиця 4.7 - Матриця

	X1	X2	Y1	Y2	Y3
№1	-1	+1	270	250	240
№2	+1	+1	215	215	210
№3	-1	-1	225	221	222
№4	+1	-1	210	201	200

Розрахунок програми крутого сходження

Таблиця 4.8 - Розрахунок програми крутого сходження

	X1	X2
Нульовий рівень	210	9
Інтервал варіювання	1	1

X2 приймається за базовий фактор, оскільки для нього добуток коефіцієнта регресії на інтервал варіювання максимальний: **10,0833**

Крок крутого сходження для базового фактора = 0,5:

Таблиця 4.9 - Програма крутого сходження

	X1	X2
№5	209,4	9,5
№6	208,8	10
№7	208,2	10,5
№8	207,6	11
№9	207	11,5

За програмою «Крутого сходження», отримано оптимальне значення тривалості випікання та температури випікання, які становлять 10 хвилин та 220° С відповідно.

Критерій оптимальності – комплексний показник якості, що враховує органолептичні показники, дорівнює 11,5, тобто відмінно, тому дані результати дослідження були використані в подальшому при розробленні рецептури низькобілкового печива та розроблення технологічної інструкції [34,42].

Висновки до розділу

У цьому розділі було підібрано сучасне обладнання, на якому можна виготовляти низькобілкове печиво високої якості, розрахована рецептура, потужність лінії, основна та додаткова сировина. Також визначений розрахунок напівфабрикатів, визначена потреба в допоміжних матеріалат і

тарі. Запропонована апаратурно-технологічна схема виробництва низькобілкового печива, що формуються способом відсаджування.

Оскільки хімічний склад тіста з низьким вмістом білка відрізняється від складу традиційного тіста для здобного печива, необхідно дещо відрегулювати параметри процесу. Особливо після додавання сипучих інгредієнтів, змініть параметри випікання та збільште час збивання тіста, оскільки пружно – пластичні властивості та граничною напругою зсуву низькобілкового тіста дещо відрізняються від традиційного тіста.

Тож проведена оптимізація процесу термооброблення низькобілкового печива, визначено оптимальні параметри випікання низькобілкового печива методом експериментально-статистичного моделювання.

РОЗДІЛ 5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Метою магістерської роботи є створення печива з низьким вмістом білка, яке можуть їсти пацієнти з фенілкетонурією. Дослідження показали, що розроблене печиво має приємний смак і колір і відповідає всім вимогам чинних норм та технічної документації. Крім того, низький вміст фенілаланіну робить ці печива придатними для людей з фенілкетонурією. Напівфабрикати з білкового печива за своєю структурою та механічними властивостями подібні до напівфабрикатів із традиційних бісквітів, що дає змогу виробляти нові продукти на існуючому обладнанні.

Тому необхідно оцінити економічну ефективність виробництва низькобілкового печива та розрахувати його вартість.

Собівартість є найважливішим якісним показником, що відображає результати виробничо-господарської діяльності. Зменшення його є найважливішим способом збільшення прибутку та прибутковості, підвищення ефективності виробництва та збільшення джерел економії. План витрат є невід'ємною частиною плану виробництва. Виконання плану витрат базується на ефективності, при цьому враховується найбільш ретельне використання матеріалів, робочої сили та фінансових ресурсів. Безпосередньою метою планування витрат є економічне визначення величини витрат, необхідних для виготовлення запланованого продукту.

Плануючи витрати, ми повинні знаходити можливості для досягнення виробничих цілей у плані з найменшими витратами.

Перед плануванням слід провести всебічний техніко-економічний аналіз компанії та її підрозділів. При аналізі роботи цехів та відділів особливу увагу слід звернути на з'ясування причин витрат, які не мають нічого спільного з нормальною організацією виробничого процесу: надмірне споживання сировини, палива та енергії, втрата робочого часу та втрата витрат. Час простою, необґрунтовані економічні відносини, інші причини, додаткові витрати тощо.

Тому виробничі витрати є валютним відображенням продукції та витрат компанії на продаж. Виробничі витрати відображають ефективність усього виробничого процесу підприємства, оскільки вони відображають: організаційний рівень виробничого процесу; технічний рівень; продуктивність праці тощо. При самофінансуванні зменшення витрат є основним джерелом зростання прибутку підприємств.

Стаття 1. Розрахунок витрат на сировину і матеріали

До складу статті «Сировина і матеріали» належать витрати на: сировину та основні матеріали, які використані в діяльності підприємства та входять до складу продукції, що виготовляється; допоміжні матеріали, які використовуються у виготовленні продукції. Вартість матеріальних ресурсів формується з цін їх придбання (без ПДВ).

Таблиця 5.1 Розрахунок вартості сировини та допоміжних матеріалів на виробництво 1000 кг низькобілкового печива.

Вид сировини	Одиниця виміру	Норма витрат на 1 т виробу	Ціна одиниці сировини, грн	Сума, грн
Крохмаль кукурудзяний	кг	500	20,0	10000
Цукор білий	кг	100	22,0	2200
Масло вершкове	кг	230	130,0	29900
Мальтодекстрин	кг	100	23,0	2300
Камедь ксантана	кг	1,0	110,0	110
Сода харчова	кг	2,0	12,0	24
Вода	л	150	0,015	2,25
Разом витрат на сировину				44536,25
Допоміжні матеріали				
Гофрокороб 12, шт	шт	200	1,5	300,0
Етикетка, кг	кг	37,2	18	669,6
Стрічка скотч з логотипом	кг	6	120	720
Разом допоміжні матеріали				1689,6
Транспортно-заготівельні витрати				2311,29
Всього по статті				48537,14

Транспортно-заготівельні витрати на 1 т:

$$(44536,25 + 1689,6) \cdot 0,05 = 2311,29$$

Стаття 2. Розрахунок витрат на водопостачання та електропостачання

До цієї статті належать витрати водопостачання та електропостачання на технологічні потреби при виробництві низькобілкового печива.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат води та електроенергії при виробництві низькобілкового печива.

№ п.п.	Види палива	Норми витрат на 1 т продукції	Ціна за одиницю, грн	Вартість на 1 т продукції, грн
1	Електроенергія	280	1,68	470,4
2	Водозабезпечення	78	22	1716
	Всього			2186,4

Стаття 3. Основна заробітна плата

Стаття розрахунку "Основна заробітна плата" включає вартість оплати основної заробітної плати робітників, розрахованої відповідно до прийнятої на підприємстві системи заробітної плати, у вигляді тарифів (окладів) та відрядної норми робітників, зайнятих на виробництві. Заробітна плата робітників, які виробляють супутню продукцію, безпосередньо пов'язана з вартістю супутніх товарів. Частина базової заробітної плати робітників, зайнятих виробництвом супутніх товарів, безпосередньо відображається як вартість певної продукції. Це дуже складно і обчислюється на основі розрахункових коефіцієнтів.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на виробництво 1 т продукції

Професія	Кількість робітників за зміну	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Тривалість зміни	Тарифний фонд заробітної плати за зміну, грн
Оператор підготовки сировини	1	3	17,5	8	140

Оператор приготування напівфабрикату	1	3	17,5	8	140
Оператор формувальної машини	1	3	17,5	8	140
Майстер лінії	1	5	22,75	8	182
Пекар	1	4	20,5	8	164
Пакувальник	3	3	17,5	8	420
Всього					1186

Норма виробітку печива за зміну 1194 кг

Витрати по заробітній платі на 1 т продукції

$$S_3 = \frac{S_2}{N} \quad (5.1)$$

Де N – норма виробітку продукції за зміну, т

S_2 – витрати на заробітну плату за зміну

$S_3 = 1186/1,194 = 993,2$ грн.

Стаття 4. Розрахунок додаткової заробітної плати

До додаткової заробітної плати належать виплати виробничому персоналу підприємства, які повинні включатися в роботу понад встановлені стандарти, трудову успішність та оригінальність та особливі умови праці. Він включає доплати, надбавки, гарантії та компенсації, передбачені законодавством, премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань, оплату відпусток та інший неробочий час.

Розмір доплати складає 90%

ДЗП = $993,2 * 0,90 = 893,88$ грн.

ЗП = $993,2 + 893,88 = 1887,08$ грн.

Стаття 5. Нарахування на заробітну плату

Термін "відрахування від соціальної діяльності" включає заробітну плату робітників, нарахованих на виробництво, включаючи:

— використовується для загальнообов'язкового національного пенсійного страхування;

— соціальне страхування, пов'язане з тимчасовою втратою працездатності;

— соціальне страхування на випадок безробіття;

— забезпечити соціальне страхування від нещасних випадків;

— Розглядати питання особистого страхування та інших соціальних заходів відповідно до законодавства.

$\text{НЗП} = 1887,08 * 0,22 = 415,16$ грн.

Стаття 6. Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування

Ця стаття включає витрати:

— технічне обслуговування та експлуатація виробничого обладнання, транспортних засобів майстерень та інструментів та обладнання, що використовуються на основних виробничих потужностях;

- технічний нагляд та обслуговування;

- здійснити ремонт, щоб підтримувати об'єкти в нормальному режимі, та отримати попередньо визначені майбутні економічні вигоди завдяки використанню основних фондів для виробництва та підйому та транспортування обладнання, транспорту майстерень, інструментів та обладнання;

— амортизація вираховується з вартості виробничого обладнання для транспортування обладнання, інструменту та обладнання основних фондів. Вартість технічного обслуговування та експлуатації обладнання становить 70% від основної заробітної плати робітників.

$\text{УЕО} = 993,2 * 0,7 = 695,24$ грн.

Стаття 7. Розрахунок загальновиробничих витрат

За відсутністю заводських даних загальновиробничі витрати можна приймати в розмірі 70 % від основної заробітної плати робітників.

$\text{ЗВ} = 993,2 * 0,7 = 695,24$ грн.

Стаття 8. Розрахунок адміністративних витрат

Адміністративні витрати включають загальні витрати, спрямовані на утримання та управління підприємством.

Адміністративні витрати визначаються на основі оцінок компанії. Розподіл між видами продукції базується на розмірі базової заробітної плати робітників, зайнятих виробництвом супутніх товарів.

За відсутності заводських даних рекомендується, щоб адміністративні витрати становили 9-10% від виробничих витрат.

$$AB=54416,26*0,09 = 4897,46 \text{ грн.}$$

Стаття 9. Розрахунок витрат на збут

Витрати на збут включають витрати, пов'язані з продажем продукції (збутом). Витрати, включені до цієї статті калькуляції, безпосередньо пов'язані з конкретними видами продукції. Якщо їх неможливо визначити, їх можна застосувати до кожного продукту за вартістю 9% від собівартості продукції.

$$B3=54416,26*0,09 = 4897,46 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 – Планова калькуляція на 1 т низькобілкового печива

№ п.п.	Стаття калькуляції	Витрати на 1 т, грн
1	Сировина та допоміжні матеріали	48537,14
2	Електропостачання та водозабезпечення	2186,4
3	Основна заробітна плата	993,2
4	Додаткова заробітна плата	893,88
5	Відрахування на соціальні заходи	415,16
6	Утримання та експлуатація устаткування	695,24
7	Загальновиробничі витрати	695,24
8	Виробнича собівартість	54416,26
9	Адміністративні витрати	4897,46
10	Розрахунок витрат на збут	4897,46
	Повні витрати	64211,18

Відпускна ціна продукції підприємства включає: виробничу собівартість, визначені адміністративні витрати, витрати на збут, норму прибутку.

$$Ц = BC + Ba + B3 + П \quad (5.2)$$

Де: Ц — ціна;

BC — виробнича собівартість продукції;

Ba — адміністративні витрати;

Bз — витрати на збут;

П — сума прибутку;

$$Ц = 54416,26 + 4897,46 + 4897,46 + 12842,23 = 77053,41 \text{ грн}$$

Суму прибутку визначають за формулою:

$$П = P (BC + Ba + Bз) / 100 \quad (5.2)$$

Де:

P — рівень рентабельності, що планується підприємством (або встановлюється законодавчо). Приймаємо 20%

$$П = 20 (54416,26 + 4897,46 + 4897,46) / 100 = 12842,23 \text{ грн}$$

Таблиця 5.5 – Розрахунок відпускної ціни, грн за 1 т

№ п.п.	Показники	Низькобілкове печиво
1	Виробнича собівартість	54416,26
2	Адміністративні витрати	4897,46
3	Розрахунок витрат на збут	4897,46
4	Повні витрати	64211,18
5	Рентабельність, %	20
6	Прибуток	12842,23
7	Відпускна ціна підприємства (без ПДВ)	77053,41
8	ПДВ (при ставці податку 20%)	15410,68
9	Відпускна ціна	92464,09
10	Відпускна ціна за 1 кг, грн	92,46
11	Торгівельна націнка, %	15
12	Роздрібна ціна 1 кг виробу, грн	106,329

Висновок: У роботі магістра необхідно розрахувати собівартість виробництва, прибуток та ціну бісквіта з низьким вмістом білка. Як вже згадувалося раніше, білки з низьким вмістом білка містять невелику кількість амінокислоти фенілаланін, яка була визначена в ході реальних експериментів для визначення вмісту амінокислот у фенілаланіні та робить його придатним для пацієнтів з фенілкетонурією.

Сьогодні в Україні хворі на фенілкетонурію не виробляють продуктів з низьким вмістом білка, тому пацієнти змушені купувати імпортні продукти. Розрахована ціна низькобілкового печива становить 106,329 українських гривень (гривень) за кілограм, що є відносно високим порівняно з ціною традиційного печива. Однак слід зазначити, що низькобілкові продукти, вироблені за кордоном, набагато дорожчі, приблизно 280-400 грн за кілограм. Це робить пропонований продукт конкурентоспроможним на українському ринку [53,54].

Загальні висновки

1. Аналіз літературних джерел показав доцільність та необхідність застосування крохмалю та структуроутворювачів при розробленні низькобілкових кондитерських виробів для хворих на фенілкетонурию.
2. Розроблено рецептурні композиції низькобілкового печива та проведено ряд досліджень органолептичних, фізико-хімічних, структурних показників печива. Аналізуючи результати досліджень щодо визначення найкращих рецептурних композицій низькобілкового печива за органолептичними показниками було обрано 3 рецептурні композиції (варіант №1,3 та 5) низькобілкового печива для об'єктивного проведення наступних досліджень.
3. За отриманими результатами проведеного дослідження щодо визначення граничної напруги зсуву тістових мас низькобілкового печива, можна стверджувати що досліджувані зразки тіста мають значно меншу граничну напругу зсуву відносно контрольного зразка. Це свідчить про те, що на технологічній лінії виробництва необхідно буде докласти менше зусиль для приготування напівфабрикату (замісу тіста), що є економічно доцільним.
4. За допомогою методу двофакторного планування експерименту визначено оптимальні параметри термооброблення: температура – 220°C, та тривалість – 10 хвилин.
5. За проведеними дослідженнями з визначення фізико-хімічних та структурних показників печива можна стверджувати, що лужність печива відповідає вимогам нормативної документації, результати дослідження намокаємості печива свідчать про велику частку пористості деяких досліджуваних зразків, тобто печиво є більш крихким та менш міцним. Аналіз вологості досліджуваних рецептур печива показав (трішки менший) достатній відсоток вологості печива відносно контрольного зразка, згідно з нормативною документацією допустимий відсоток вологи для даного виду печива – 7%, а отже всі (три) зразки відповідають вимогам. Вологість досліджуваних рецептур печива згідно таблиці 3.6: Рецептура №1 – 4,83%,

№2 – 6,5%, №3 – 4,66%.

6. Аналіз отриманих результатів дослідження міцності рецептурних композицій печива показав, що всі три рецептури є більш міцними відносно контрольного зразка, це пояснюється тим, що застосовувані структуроутворювачі: камідь ксантана, карбоксиметилцелюлоза та мальтодекстрин зпрличиняють зміцнення структури виробів, завдяки своїм властивостям.
7. Досліджено сорбційно-десорбційні властивості низькобілкового печива, результати досліджень наведено вище, проте можна стверджувати, що досліджувані зразки мають хемосорбцію, тобто волога хімічно звязується зі зразками тож у печиві відбулися незворотні процеси.
8. За результатами розрахунку білка та фенілаланіну у досліджуваних зразках печива можна зробити висновок, що кількість цих речовин знаходиться у межах допустимої норми для хворих на фенілкетонурію, а саме: білка до 0,489 г та фенілаланіну до 15,7 мг на 100 грам продукту.
9. Згідно результатів оцінювання комплексного показника досліджуваних рецептур низькобілкового печива можна стверджувати, що дані рецептури задовільняють вимоги та є придатними до споживання. Проте слід зауважити, що дані рецептури ще потребують доопрацювання для покращення їх смако-ароматичних властивостей.
10. Аналіз соціально-економічної ефективності роботи показав, що виробляти даний вид печива є доцільно. Хоча ціна за кілограм даного виду печива є порівняно висока відносно ціни на традиційне здобне печиво, проте низькобілкові вироби іноземного виробництва є суттєво дорожчі в порівнянні з запропонованим українським аналогом. Розрахована ціна низькобілкового печива становить 106,3 грн/кг, закордонні – 280-400 грн/кг. Тож така ціна робить запропонований виріб конкурентноспроможним на Українському ринку.

Список використаної літератури

1. Збірник наукових робіт наукового симпозиуму з міжнародною участю «Рідкісні (сирітські) спадкові хвороби», 20-21 листопада 2012. – Х. : ТОВ «Учбово-науковий і лікувально-діагностичний центр ГЕНОМИКА», 2012. – 190 с.;
2. ФЕНИЛКЕТОНУРИЯ (заболевание ФКУ). – [Електронний ресурс] (7,6 КБ) – Режим доступу: <<http://humbio.ru/humbio/pathology/0001a2e3.html>>.;
3. Фенілкетонурія // Електронний ресурс - режим доступу: <https://www.clingenetic.com.ua/materials/information-for-the-population/item/73-fenilketonuriya.html>;
4. E Kose, N Arslan "Vitamin/mineral and micronutrient status in patients with classical phenylketonuria" Clinical Nutrition Volume 38, Issue 1, February 2019, Pages 197-203.;
5. Дорохович, В. В. Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного споживання: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.16 / Дорохович, В. В. - Київ, 2010. - 39 с.;
6. Starch Retrogradation and Firming of Bread Containing Hydroxypropylated, Acetylated, and Phosphorylated Cross-Linked Tapioca Starches for Wheat Flour / M. Miyazaki, T. Maeda, and N. Morita // Cereal Chemistry. - 2005, Volume 82, Number 6, P. 639-644;
7. Nafiseh Soltanizadeh, Leila Mirmoghtadaie Strategies Used in Production of Phenylalanine-Free Foods for PKU management /Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Volume 13, Issue 3, pages 287–299, May 2014;
8. Діагноз як вирок / Наталя Позняк // Дзеркало тижня. – 19 серпня-1 вересня 2000. – No 33 (306). – 6 с.;
9. Hammer Mühle – німецький інтернет магазин продажу харчових продуктів з низьким вмістом білка. // Електронний ресурс - режим доступу: <https://www.hammermuehle-shop.de/produkte/eiweissarme-produkte/suesse->

- [herzhafte-snacks/103/sanavi-gebaeck-zungen?c=181](https://www.hammermuehle-shop.de/produkte/eiweissarme-produkte/suesse-herzhafte-snacks/103/sanavi-gebaeck-zungen?c=181);
10. Hammer Mühle – німецький інтернет магазин продажу харчових продуктів з низьким вмістом білка. // Електронний ресурс - режим доступу: <https://www.hammermuehle-shop.de/produkte/eiweissarme-produkte/suesse-herzhafte-snacks/99/aproten-kekse?c=178>;
 11. Харчовий продукт для спеціальних медичних цілей, для хворих на фенілкетонурію. ФКУ нутрі Концентрат. // Електронний ресурс - режим доступу: <https://nutriciamedical.com.ua/product/pku-nutri-3-concentrated>;
 12. Кукурудзяний крохмаль // Електронний ресурс - режим доступу: <https://ideas-center.com.ua/?p=27582>;
 13. Картопляний крохмаль // Електронний ресурс - режим доступу: <http://starch.vimal.ua/ua/potato-starch>;
 14. Тапіоковий крохмаль // Електронний ресурс - режим доступу: <https://asiafoods.com.ua/p255291360-tapiokovyj-krahmal-muka.html>;
 15. Рисовий крохмаль // Електронний ресурс - режим доступу: <http://edim.com.ua/risovii-krohmal-vlastivosti/>;
 16. Гуарова камідь – вікіпедія // Електронний ресурс - режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%83%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D1%8C;
 17. Гуарова камідь // Електронний ресурс - режим доступу: <https://ideas-center.com.ua/?p=25745>;
 18. Ксантанова камедь – Вікіпедія // Електронний ресурс - режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%81%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D1%8C;
 19. Карбоксиметилцелюлоза – Вікіпедія // Електронний ресурс - режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%>

[BB%D1%86%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%BB%D0%BE%D0%B7%D0%B0;](#)

20. Карбоксиметилцелюлоза – Вікіпедія // Електронний ресурс - режим доступу: <https://www.baobablife.net/jeunesse-global/reserve-with-resveratrol/sostav/carboxymethyl-cellulose/>;
21. Мальтодекстрин: особливості та властивості // Електронний ресурс - режим доступу: <https://belok.ua/blog/maltodextrin/>;
22. Медицинский центр «Ваше здоровье». Эффективная медицина. // Електронний ресурс - режим доступу: <http://www.medeffect.ru>;
23. Справочник диетолога. Врожденные нарушения аминокислотного обмена. // Електронний ресурс - режим доступу: <http://dietitian.com.Ua/2007/11/01>>;
24. ДСТУ 3976-2000 «Крохмаль кукурудзяний сухий. Технічні умови» // Електронний ресурс - режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=70422;
25. ДСТУ 4399:2005 «Масло вершкове» // Електронний ресурс - режим доступу: http://medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2006/n06_3_11.htm;
26. ДСТУ 4623:2006 «Цукор білий. Технічні умови» // Електронний ресурс - режим доступу: http://august.in.ua/sites/default/files/upload/files/dstu_4623-2006_tsukor_biliy.pdf;
27. ГОСТ 33310-2015 «Добавки харчові. Загусники харчових продуктів» // Електронний ресурс - режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200123258>;
28. ГОСТ 34274-2017 «Мальтодекстрин. Технічні умови» // Електронний ресурс - режим доступу: <https://files.stroyinf.ru/Data/654/65422.pdf>;
29. ГОСТ 33333-2015 Харчові добавки. Камідь ксантанова E415. Технічні умови // Електронний ресурс - режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200122906>;
30. ГОСТ 2156-76 «Гідрокарбонат натрію. Технічні умови» // Електронний ресурс - режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/gost-2156-76>;
31. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна» // Електронний ресурс - режим доступу:

[http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61154;](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61154)

32. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч.посіб. /за ред. проф. А.М. Дорохович і проф. В.М. Ковбаси.- К.: Фірма «ІНКОС», 2015. - 632 с.;
33. Панфилов В.А. Технологические линии пищевых производств. – М.: Пищ. промышленность, 1996. – 380 с.;
34. Дорохович А.М. Оптимізація технологічних процесів галузі: підруч./ А.М. Дорохович, В.В. Дорохович, Т.В. Зінченко. – К.: фірма «ІНКОС», 2016. – 392 с.;
35. Інноваційні технологія галузі: Метод. вказівки до викон. курсового проекту для студ. спец. 7.091702 «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» денної та заочної форм навчання / укл. В.І. Дробот, В.М. Ковбаса, В. Г. Юрчак та ін. К.: НУХТ, 2008. 64 с.;
36. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» , спеціалізації «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів» денної та заочної форм навчання / В.І. Дробот, В.М. Ковбаса, А. М. Дорохович, В. Г. Юрчак та ін. К.: НУХТ, 2016. 49 с.;
37. Методичні рекомендації до складання технологічних схем з хлібопекарського і макаронного виробництва у курсовому і дипломному проектуванні для студентів напряму 6. 051701 «Харчові технології та інженерія» та спеціальності 7. 05170103 «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» денної та заочної форм навчання / укл. В.Г. Юрчак, В.Ф. Доценко, В.М. Махинько. К.: НУХТ, 2012. 64 с.
38. Дорохович, В.В. Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного споживання: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.16/Дорохович В.В. - Київ, 2010. - 39 с.;
39. Дорохович В.В. «Перспективи розроблення низькобілкового печива»/ В.В. Дорохович, Ю.М. Грицевіч, Є.В. Богатирьова // Міжнародна науково-практична конференція «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської

- галузі», 2019 рік, матеріали конференції. – К., 2019 р. – С. 96-98.;
40. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984. – 306 с.;
41. Дубинин, М.М. Адсорбция и пористость / М.М. Дубинин – М.: Наука, 1976. –360 с.;
42. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Оптимізація технологічних процесів галузі» та виконання лабораторних, розрахункової та контрольної роботи для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми "Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів» денної та заоч. форм навч. / В.Г. Юрчак, В.М. Махинько, О.В. Запотоцька – К.:НУХТ,2019.-59 с.;
43. Наследственные нарушения метаболизма / Гречанина Е. Я., д-р. мед. наук, профессор, руководитель Харьковского межобластного центра клинической и пренатальной диагностики // Медична газета «Здоров'я України». – 2003. – No 80, 81, 82;
44. Burgard P, Ullrich K, Ballhausen D, Hennermann JB, Hollak CE, Langeveld M, et al. (September 2017). "Issues with European guidelines for phenylketonuria". The Lancet. Diabetes & Endocrinology. 5 (9): 681–683\;
45. Усатенко В. Диета для жизни / Виталий Усатенко // Мясное дело. –2010. – No 12. – С. 38-39.;
46. ДСТУ 7346:2013 «Вироби кондитерські для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови»;
47. Карнаушенко Л. И., Каминский А. Я., Ткаченко Т. З. Основы проектирования предприятий кондитерской промышленности с элементами САПР. – К.:УМКВО, 1989. – 80 с.;
48. Кафка В.В., Лурье И. С. Технологический контроль кондитерского производства. – М.: Пищ. пром-сть, 1967.- 80с.;
49. Лунин О.Г., Червоноиваник А.Я. Технологическое оборудование предприятий пищевой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1985. –324

- с.;
50. Мамонтов К. Я., Мамонтов М. М. Основы проектирования кондитерских фабрик. – М.: Высш. шк., 1967. – 264 с.;
51. Маршалкин Г. А. Технологическое оборудование кондитерских фабрик. – М.: Пищ. пром-сть, 1988. – 542 с.;
52. Технологічні інструкції по підготовці сировини та напівфабрикатів до виробництва, по виробництву борошняних кондитерських виробів / [авт. тексту А.М. Дорохович]. К.: ЗАТ Укркондитер, 1996. – 280 с.;
53. Економіка підприємств харчової промисловості: підруч./ А.О.Зайнчковський, Г.М. Решетюк, Г.А. Болдуй та ін. К.: Урожай, 1998.- 272 с.;
54. Барсукова Н. В. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников // Электронный научный журнал ПбГУНиПТ серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – No 1 (март).

sci-conf.com.ua

PERSPECTIVES OF WORLD SCIENCE AND EDUCATION

Abstracts of II International
Scientific And Practical Conference
October 30-31, 2019

**OSAKA
2019**

УДК 664.681.1

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ НИЗЬКОБІЛКОВИХ
«БОРОШНЯНИХ» КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ**

Дорохович Вікторія Віталіївна

д.т.н., професор

Грицевіч Марія Юрїївна

аспірант, асистент

Богатирьова Єлизавета Валерїївна

Студент

Національний університет харчових технологій

Київ, Україна

Анотація: У статті розглянуто проблематику захворювання на фенілкетонурію, проаналізовано склад низькобілкових виробів світових виробників, розраховано вміст феніلالаніну у традиційних «борошняних» кондитерських виробів, що виготовляються на території України, описані етапи розроблення низькобілкового печива для хворих на фенілкетонурію.

Ключові слова: фенілкетонурія, феніаланін, низькобілкове печиво, крохмаль, структуроутворювачі

Розробка продуктів харчування дієтичного призначення – чи не головне завдання для науковців зі всього світу. З кожним роком збільшується кількість людей, що страждають від цукрового діабету, ожиріння, целіакії та фенілкетонурії. Через це збільшується потреба у продуктах харчування з низьким глікемічним індексом, зниженою калорійністю, безглютенових та низькобілкових продуктах.

Фенілкетонурія (фенілпіровиноградна олігофренія, хвороба Феллінга) – спадкове захворювання, яке зумовлене порушенням обміну феніلالаніну, що супроводжується погіршенням розвитку мозку.[1, с. 681]

Відсутність ферменту фенілаланінгідроксилази перешкоджає нормальному перетворенню фенілаланіну їжі в тірозін. Фенілаланін повинен надходити до організму у лімітованій кількості для синтезу білка. Надлишок фенілаланіну виявляє токсичний вплив на центральну нервову систему, порушується обмін білків, ліпо- та глікопротеїдів, відбувається розлад транспортування амінокислот, метаболізму гормонів та інше [2, с. 305].

Традиційні борошняні кондитерські вироби мають дуже велику, для хворих, кількість фенілаланіну (табл. 1). Тому розроблення низькобілкових кондитерських виробів, які умовно можна віднести до групи борошняних кондитерських виробів, є актуальним.

Таблиця 1

Вміст білка та фенілаланіна в борошняних кондитерських виробах

Кондитерський виріб	Вміст у 100 г продукту	
	білка, г	ФА, мг
Печиво затяжне «Марія»	8,50	330
Печиво здобне «Ванільне»	6,4	280
Печиво цукрове «До чаю»	6,3	270
Вафлі «Артек»	3,9	185
Пряники «Заварний»	5,9	248
Кекс «Столичний»	9,1	345

Борошняні кондитерські вироби мають широкий груповий асортимент, в якому можна виділити групи виробів в яких наявна м'якушка (пряники, кекси та ін.) та групи виробів в яких немає м'якушки (печиво, вафлі). Розроблення низькобілкових виробів з м'якушкою є більш складним завданням. Тому було вирішено спочатку розробити вироби без м'якушки – печиво. Закордоном є низка розробок низькобілкового печива, інгредієнтний склад деяких з них наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Інгредієнтний склад низькобілкових «борошняних» кондитерських виробів

Вид виробу	Країна виробник	Інгредієнтний склад
Вершкове печиво	Польща, BEZGLUTEN	пшеничний крохмаль, коричневий цукор, модифікований харчовий крохмаль, шматочки ірвски, масло, плоди пальми, вода, сироп тапіоки, інулін, полідекстроза, волокна вівса, рапсова олія, повністю гідрогенізоване бавовняне масло, цукор, саго крохмалю, ванілін, модифікований ферментом лецитин, цукор, метилцелюлоза, розпушувачі, ксантанова камідь.
Печиво зі шматочками шоколаду	Німеччина, MEVALIA	безглютенний пшеничний крохмаль, цукор, картопляний крохмаль, пальмовий жир, рисовий сироп, шоколадна крихта 6,9% (тростинний цукор, масло какао 40%, пшенична клітковина без глютену, какао-порошок 2%, емульгатор: соєвий лецитин; натуральний ароматизатор), картопляне борошно, модифікований кукурудзяний крохмаль, рисовий крохмаль, натуральний ароматизатор, карамельний сироп, розпушувачі: гідрокарбонат амонію, натрію гідрокарбонат.

Розглянувши інгредієнтний склад цих виробів можна зробити висновок, що уся необхідна сировина є на ринку України. Отже доцільним є виробництво низькобілкового печива в Україні.

Якщо з рецептурного складу виключити яйце продукти і пшеничне борошно те не вводити додаткові рецептурні компоненти – структуроутворювачі, тісто не має необхідних структурних властивостей, необхідних для формування виробів.

На проведену нами роботу з розроблення технології низькобілкового печива можна поділити на три етапи.

Перший – розроблення печива з застосуванням невеликої кількості пшеничного борошна та без застосування додаткових структуроутворювачів. До рецептурного складу вводили крохмальну патоку у великій кількості (заміна 50% цукру) та пшеничне борошно (у кількості до 5% до маси готового виробу). Це сприяло тому що, тісто набувало необхідних структурних властивостей, які забезпечують можливість формування виробів.

Другий – розроблення печива з застосуванням структуроутворювачів. При цьому в розробленні рецептур було два напрями: у рецептурному складі залишалась патока та зменшена кількість пшеничного борошна; у рецептурному складі залишалась зменшена кількість пшеничного борошна, патока не застосовувалась. В якості структуроутворювачів використано карбоксиметилцелюлозу (КМЦ) та камідь гуара.

Третій – розроблення печива без застосування борошна з застосуванням структуроутворювачів. Потрібно зазначити, що це є найбільш раціональним напрямом розроблення низькобілкового печива, оскільки повне виключення пшеничного борошна дозволить зменшити вміст білка в готовому продукті.

На всіх трьох етапах основним рецептурним інгредієнтом був кукурудзяний крохмаль. Розраховано кількість фенілаланіна в розробленому печиві (табл. 3)

Таблиця 3**Кількість ФА у 100 г печива та % від припустимої добової кількості**

Етап роботи	Назва печива	Вміст ФА, мг в 100 г печива	% ФА від максимально кількості у разі споживання 100 г печива дитиною віком	
			4-6 років	7-11 років
Перший	Капітошка	43,6	9,7	8,7
Другий	Ванільна насолода	30,5	6,8	6,1
	Солодка насолода	29,1	6,7	5,8
Третій	Ванільна фантазія	8,7	1,9	1,7

За органолептичними показниками розроблені види печива відрізняються від традиційних виробів. Це обумовлюється специфічним рецептурним складом виробів: відсутністю яйця продуктів, відсутністю або дуже малою кількістю борошна, наявністю великої кількості крохмалю. Варто зазначити, що низькобілковим «борошняним» кондитерським виробам притаманний світліший колір, порівняно з традиційними виробами, оскільки через низький вміст білків майже не протікає реакція меланодивноутворення під час процесу термообробки.

За фізико-хімічними та структурними показниками низькобілкове печиво та напівфабрикати також відрізняються від традиційних виробів, це в першу чергу пов'язано з тим, що низькобілковий напівфабрикат володіє пластичними властивостями, що обумовлено низьким вмістом білків, що надають тісту пружних властивостей. У готових низькобілкових виробках збільшується показник намокаємості та міцності порівняно з традиційними готовими виробами. Враховуючи високі сорбційні властивості низькобілкових виробів рекомендується пакування таких виробів у герметичну упаковку.

Підводячи підсумки потрібно зазначити, що під час розроблення рецептур низькобілкового печива доцільно продовжити роботу у напрямі застосування

інших видів крохмалю, які не мають залишків білка або мають його в меншій, порівняно з кукурудзяним крохмалем, кількості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Burgard P, Ullrich K, Ballhausen D, Hennermann JB, Hollak CE, Langeveld M, et al. (September 2017). "Issues with European guidelines for phenylketonuria". *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*. 5 (9): 681–683
2. 1. Al Hafid N, Christodoulou J (October 2015). "Phenylketonuria: a review of current and future treatments". *Translational Pediatrics*. 4 (4): 304–17.



МАТЕРІАЛИ

III МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

ТА

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ЗДОБУТКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНДИТЕРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

**ПРИСВЯЧЕНИХ 135-РІЧЧЮ НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА 70-РІЧЧЮ
КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ І
КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ**

10-11 вересня 2019 р.

Київ -2019

8. Перспективи розроблення безбілкового печива

Дорохович В.В., Грищевіч М.Ю., Богатирьова Є.В.
Національний університет харчових технологій

На теперішній час стан здоров'я населення України погіршується, збільшується кількість виникнення різних захворювань, в т.ч. захворювання на фенілкетонурию.

Фенілкетонури́я (фенілпіровиноградна олігофренія, хвороба Феллінга) – спадкове захворювання, яке зумовлене порушенням обміну фенілаланіну, що супроводжується прогресуючим слабоум'єм. Відсутність ферменту фенілаланінгідроксилази в організмі (печінці) хворої людини перешкоджає нормальному перетворенню фенілаланіну їжі в тірозін. Тому фенілаланін використовується тільки при синтезі білка, а надлишок накопичується в клітинах печінки та потрапляє в кровообіг, де фенілаланін є токсичним для клітин мозку. Фенілаланін виявляє токсичний вплив на центральну нервову систему, порушується обмін білків, ліпо- та глікопротеїдів, відбувається розлад транспортування амінокислот, метаболізму гормонів та інше [3], [5].

Повноцінна лікувальна дієта для хворих на ФКУ формується з двох компонентів - меню вегетаріанського типу з використанням малобілкових продуктів харчування та щоденного прийому лікувального продукту у вигляді суміші амінокислот або гідролізатів білка, з незначним вмістом, або з відсутністю фенілаланіну, з додаванням вітамінів та мікроелементів, що в комплексі заміщують собою натуральний білок їжі [4], [6], [9].

В Україні низькобілкові та безбілкові борошняні кондитерські вироби для хворих на фенілкетонурию не виробляють. За кордоном низка компаній розробляє борошняні кондитерські вироби для хворих на фенілкетонурию. Наприклад, компанія *Valviten* (Польща) виготовляє наступні види низькобілкового печива з вмістом фенілаланіну мг/100г:

- «Маркізи» світле з начинкою торфі – 28,6
- «Маркізи» темне з начинкою коко – 21,0
- Печиво з корицею – 10,2
- Печиво пісочне – 7,6
- Печиво бісквітне – 7,2

В цих виробках застосовується: кукурудзяний крохмаль, безглютенний пшеничний крохмаль, харчова клітковина, харчова целюлоза, гуарова камідь тощо.

Потрібно зазначити, що на ринку України є необхідна сировинна для розроблення та виготовлення печива, яке зможуть споживати хорі на целиакію.

Нашу роботу з розроблення печива для хворих на целиакію можна поділити на три етапи:

- Перший – розроблення низькобілкового печива з застосуванням невеликої кількості пшеничного борошна та без застосування додаткових структуроутворювачів.
- Другий – розроблення низькобілкового печива з застосуванням зменшеної кількості борошна, з застосуванням структуроутворювачів.

- Третій – розроблення печива без застосування борошна з застосуванням структуроутворювачів.

Як структуроутворювачі застосовували камідь гуара та карбоксиметилцелюлозу. Камідь гуара – гелеутворююча речовина з соку індійської акації. Камідь гуара/гуаран (E412) в харчовій промисловості використовують як стабілізатор, загущувач, структуратор. Крім того потрібно відмітити позитивні фізіологічні властивості цієї речовини: здатність знижувати рівень холестерину в крові, уповільнювати всмоктання цукру з шлунково-кишкового тракту. Карбоксиметилцелюлоза (КМЦ, целлюлозогліколева кислота, $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_2COOH)_x]_n$, где $x = 0,08-1,5$) - похідна целюлози, в якій карбоксилметильна група (-CH₂-COOH) з'єднується гідроксильними групами глюкозних мономерів. КМЦ - це стабілізатор на натуральній основі, який покращує в'язкість тіста, позитивно впливає на структурно-механічні властивості низькобілкового тіста та готових виробів, подовжує термін зберігання, при цьому товар не втрачає своїх властивостей і зберігає вид [9].

В розробленому нами печиві було розраховано кількість фенілаланіна та % від припустимої добової кількості для дітей віком від 4 до 11 років.

Таблиця. Кількість ФА у 100 г печива та % від припустимої добової кількості

Етап роботи	Назва печива	Вміст ФА, мг в 100 г печива	% ФА від максимально кількості у разі споживання 100 г печива дитиною віком	
			4-6 років	7-11 років
Перший	Капітошка	43,6	9,7	8,7
Другий	Ванільна насолода	30,5	6,8	6,1
	Солодка насолода	29,1	6,7	5,8
Третій	Ванільна фантазія	8,7	1,9	1,7

Потрібно зазначити, що печиво розроблене на третьому етапі роботи не містить в своєму складі пшеничного борошна. Наявність фенілаланіну пояснюється тим, що кукурудзяний крохмаль може містити залишки білка.

За органолептичними показниками розроблені види печива відрізняються від традиційних виробів. Це обумовлюється специфічним рецептурним складом виробів: відсутністю яйця продуктів, відсутністю або дуже малою кількістю борошна, наявністю великої кількості крохмалю.

Перспективним напрямом розроблення саме безбілкового печива може бути застосування крохмалю який не містить білка і, відповідно ФА. Як крохмаль, що не містить білка позиціонується крохмаль марани (ще його називають аррорут). Виготовляється з коріння багаторічної рослини родини маранових, які ростуть в Бразилії, Африці [9], [10].

Коригування специфічного смаку печива обумовленого великою кількістю крохмалю можна здійснювати підбором натуральних ароматизаторів.

Доцільним є введення до рецептурного складу комплексів вітамінних, мінеральних препаратів (є певні препарати, які вводять в сухі суміші для харчування дітей хворих на фенілкетонурию) [7]. Це питання повинно вирішуватись спільно з медичними працівниками, що спеціалізуються на лікуванні хворих дітей.

Кількість хворих на фенілкетонурию не така велика, як кількість хворих на цукровий діабет. Але такі хворі є, і вони потребують спеціальних продуктів харчування, у т.ч. борошняних кондитерських виробів. Такі вироби потрібно розробляти і виробляти. Необхідно створювати в Україні широкій асортимент кондитерських виробів спеціального призначення вітчизняного виробництва.

Список використаної літератури:

1. ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови»
2. ДСТУ 7346:2013 «Вироби кондитерські борошняні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови»
3. Al Hafid N, Christodoulou J (October 2015). "Phenylketonuria: a review of current and future treatments". *Translational Pediatrics*. 4 (4): 304–17.
4. Hagedorn TS, van Berkel P, Hammerschmidt G, Lhotáková M, Saludes RP (December 2013). "Requirements for a minimum standard of care for phenylketonuria: the patients' perspective". *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 8 (1)
5. Van Wegberg AM, MacDonald A, Ahring K, Bélanger-Quintana A, Blau N, Bosch AM, Burlina A, Campistol J, Feillet F, Giżewska M, Huijbregts SC, Kearney S, Leuzzi V, Maillot F, Muntau AC, van Rijn M, Trefz F, Walter JH, van Spronsen FJ (October 2017). "The complete European guidelines on phenylketonuria: diagnosis and treatment". *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 12 (1)
6. Burgard P, Ullrich K, Ballhausen D, Hennermann JB, Hollak CE, Langeveld M, et al. (September 2017). "Issues with European guidelines for phenylketonuria". *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*. 5 (9): 681–683\
7. E Kose, N Arslan "Vitamin/mineral and micronutrient status in patients with classical phenylketonuria" *Clinical Nutrition* Volume 38, Issue 1, February 2019, Pages 197-203.
8. Jieun Kim, Mireille Boutin "New multipliers for estimating the phenylalanine content of foods from the protein content" *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015 issue 42 p. 117-119
9. Nafiseh Soltanizadeh, Leila Mirmoghtadaie Strategies Used in Production of Phenylalanine-Free Foods for PKU management /*Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* Volume 13, Issue 3, pages 287–299, May 2014
10. Mariusz Witczaka, Rafal Ziobrob, Lesław Juszcak, Jarosław Korus "Starch and starch derivatives in gluten-free systems – A review" *Journal of Cereal Science* Volume 67, January 2016, Pages 46-57.

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

86

**Міжнародна наукова
конференція молодих учених,
аспірантів і студентів**

**"Наукові здобутки молоді –
вирішенню проблем
харчування людства у ХХІ
столітті"**

2–3 квітня 2020 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2020

1. Розроблення низькобілкового печива з застосуванням кукурудзяного крохмалю та структуроутворювачів

Елізавета Богатирьова, Марія Гриценіч, Вікторія Дорохонич
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Фенілкетонурія – спадкове захворювання, яке характеризується головним чином ураженням нервової системи внаслідок потрапляння фенілаланіну (ФА) в кров [1, 2]. В Україні низькобілкові «оборонячі» кондитерські вироби не виробляють.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження – технологія низькобілкового печива з застосуванням структуроутворювачів. Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні (вологість, намокаємість, лужність виробів), структурно-механічні (гранична напрута зсуву тіста, міцність печива). Кількість білка та фенілаланіну визначено розрахунковим шляхом.

Результати. За результатами комплексу досліджень розроблено рецептурні композиції, встановлено раціональне дозування структуроутворювачів – камеді гуару, камеді ксантана та карбоксиметилцелюлози. Проведено дослідження граничної напрути зсуву тістових мас для розробленого низькобілкового печива. Встановлено, що гранична напрута зсуву тіста для низькобілкового печива значно нижче ніж для традиційного печива. Гранична напрута зсуву низькобілкового тіста знаходиться в діапазоні 3,27 – 4,22 Па, для тіста традиційного печива – 15,52 Па. Термооброблення є завершальною технологічною операцією, на якій формуються якісні показники виробів. Встановлено, що раціональними параметрами випікання–сушіння низькобілкового печива є температура 220^oС, тривалість – 10 хв. Під час визначення фізико-хімічних показників готового печива встановлено, що його вологість значно перевищує вологість традиційного печива. Спостерігається також зменшення намокаємість низькобілкового печива, порівняно з традиційним печивом. З цим корелюється те, що низькобілкове печиво має істотно більшу міцність, ніж традиційне здобне печиво. Міцність низькобілкового печива знаходиться в межах 4,2 – 6,5 Н, контрольного зразка – до 2 Н. Важливим показником для низькобілкового печива є вміст фенілаланіну та білка. Розрахунок показав, що кількість білка в 100 г розробленого печива 0,69 г, фенілаланіну – 22,3 мг.

Потрібно зазначити, що розроблене печиво за органолептичними показниками значно поступається традиційному печиву. Це пов'язано з відсутністю яйцепродуктів, борошна та застосуванням нативного кукурудзяного крохмалю. Подальша робота спрямована на застосування інших видів крохмалю і структуроутворювачів, що сприятиме покращенню органолептичних та структурних показників низькобілкового печива.

Висновки. Розроблення та впровадження у виробництво низькобілкового печива надасть можливість створити асортимент продукції вітчизняного виробництва для хворих на фенілкетонурію, що буде мати соціальний ефект.

Література

- 1.Фенілкетонурія // Електронний ресурс - режим доступу: <https://www.clingenetic.com.ua/materials/information-for-the-population/item/73-fenilketonuriya.html>
2. Cleary M.A., Skeath R. Phenylketonuria. *Paediatrics and Child Health*. 2019. Vol. 29, №. 3. P. 111-115
- 3.Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч.посіб. /за ред. проф. А.М. Дорохонич і проф. В.М. Ковбаси.- К.: Фірма «ІНКОС», 2015. - 632 с.



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ**

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ

**Збірник наукових праць за матеріалами
VII Міжнародної науково-практичної конференції**

Секція 1. «Інноваційні технології в харчовій індустрії»
Секція 2. «Розвиток конкурентоспроможної харчової
промисловості та механізми організації
ефективних продовольчих ринків»

**21 листопада 2019 року
Інститут продовольчих ресурсів НААН
м. Київ**

**Під загальною редакцією М.П. Сичевського,
д.е.н., професора, академіка НААН**

Київ – 2019

РОЗРОБЛЕННЯ НИЗЬКОБІЛКОВИХ «БОРОШНЯНИХ» КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ – АКТУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Дорохович В. В., д.т.н., професор

Грицевіч М. Ю., асистент

Богатирьова Є. В., студент

*Кафедра технологій хлібопекарських та кондитерських виробів,
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

В останні роки на світовому ринку визначилася тенденція до збільшення кількості дієтичних та функціональних харчових продуктів, у т.ч. кондитерських виробів. Значною мірою це пов'язано з тим, що стан здоров'я людини погіршується, збільшується кількість виникнення різних захворювань в т.ч. захворювання на фенілкетонурію.

Фенілкетонурія («феніл-» – від слова фенілаланін, «-кетон-» – від слова кетони, «-урія» – виділення продуктів обміну з сечею) – спадкова хвороба, яка зумовлена відсутністю або дефектом ферменту фенілаланінгідроксилази [1, 2].

Хворі на фенілкетонурію не можуть споживати традиційні борошняні кондитерські вироби внаслідок великої кількості в них фенілаланіну. Наприклад, в 100 г здобного печива (в середньому) 280 мг фенілаланіну, в пряниках – 248 мг, в вафлях з жировою начинкою – 185 мг [3].

В Україні низькобілкові/безбілкові борошняні кондитерські вироби не виробляють, а закордоном такі вироби є. Розглянувши інгредієнтний склад цих виробів можна зробити висновок, що на ринку України є уся необхідна сировина.

Нами було проведено комплекс досліджень з метою пошуку сировинних компонентів, які зможуть надати тісту необхідних структурних властивостей.

На першому етапі було введено до складу рецептур печива крохмальну патоку у великій кількості (заміна 50% цукру). Це сприяло тому що, тісто набуло більш „зв'язаної” структури. В цьому печиві було наявно пшеничне борошно. Кількість фенілаланіну – 43...45 мг/100г виробу.

На другому етапі – в рецептурі печива застосували структуроутворювачі: карбокисметилцелюлози (КМЦ) та каміді гуара. В цьому печиві також було наявно борошно. Кількість фенілаланіну – 30...32 мг/100г виробу.

На третьому етапі роботи з рецептур було повністю виключено пшеничне борошно, що стало можливим в результаті раціоналізації кількості

та способу введення структуроутворювачів – КМЦ та каміді гуара. Кількість фенілаланіну – 10...12 мг/100г виробу.

В розробленому низькобілковому печиві застосовано кукурудзяний крохмаль високого ступеня очищення. Однак в ньому все одно є залишки білка. Тому доцільним є продовження роботи у напрямі застосуванні інших видів крохмалю з мінімальним залишком білка, в ідеалі без білка.

Цікавим, однак досить складним напрямком є розроблення низькобілкових «борошняних» кондитерських виробів м'якої групи, тобто виробів в яких наявна м'якушка. Потрібно провести ґрунтовні дослідження по якісному та кількісному підбору структуроутворювачів, які дозволять сформувавши у виробів розвинену пористість, тобто м'якушку.

Для можливості дотримання безбілкової дієти хворим на фенілкетонурію необхідно розробляти технології безбілкових та низькобілкових харчових продуктів, зокрема «борошняних» кондитерських виробів та впровадити у виробництво.

Бібліографія

1. Вопросы организации диетологической помощи детям, больным фенилкетонурией. Зелинская Д.И., Ладодо К.С., Рыбакова Е.И. и др. Вопросы питания. 1998. № 2. С. 12–14.

2. Burgard P, Ullrich K, Ballhausen D, Hennermann JB, Hollak CE, Langeveld M, et al. (September 2017). Issues with European guidelines for phenylketonuria. *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*. 5 (9): 681–683.

3. E Kose, N Arslan. Vitamin/mineral and micronutrient status in patients with classical phenylketonuria. *Clinical Nutrition*. Vol. 38, Iss. 1, February 2019. P. 197–203.

SCI-CONF.COM.UA

EURASIAN SCIENTIFIC CONGRESS



**ABSTRACTS OF V INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
MAY 17-19, 2020**

**BARCELONA
2020**

AGRICULTURAL SCIENCES

LOW PROTEIN COOKIES DESIGNING FOR PATIENTS WITH PHENYLKETONURIA BASED ON CORN STARCH

Dorokhovych Viktoriia

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Hrytsevich Mariia

PhD student, assistant,

Bohatyrova Yelyzaveta

student,

National University of Food Technologies

Kyiv, Ukraine

Introduction. Healthy food is a key to a good health and long living. A balanced diet helps to avoid acquired diseases such as obesity and type 2 diabetes, and a special diet (gluten-free or low-protein) helps people with genetic diseases such as celiac disease and phenylketonuria to live a full life. Nowadays, a range of gluten-free products have been designing and producing, while low-protein products are hardly developed and produced. Due to this fact, low protein products designing and producing is an urgent task, especially considering flour confectionery.

Aim. To determine what raw materials can be used in the development of low-protein cookies and develop low-protein cookies based on corn starch with similar structural and mechanical properties to traditional cookies based on wheat flour.

Materials and methods. Frida DTU Foods public food database was used to find Phenylalanine content in food ingredients [1]. Corn starch, guar gum, xanthan gum and carboxymethyl cellulose were used to create low protein cookies.

Results and discussion. Phenylketonuria (PKU) is an inborn error of metabolism, which is caused by a deficiency in the enzyme phenylalanine hydroxylase (PAH), resulting in disturbances of phenylalanine (Phe) metabolism. The increased Phenylalanine concentrations in adult patients affect neurophysical

functions, resulting in cognitive impairment and neuropsychiatric symptoms linked to amount of the elevation as well as neurological symptoms. [2], [3], [4]

The life-long treatment should result in blood PHE levels of 120-360 $\mu\text{mol/l}$ in childhood and $< 600 \mu\text{mol/l}$ in adulthood and adolescence. [2]

Phenylketonuria (PKU) can claim at least three 'firsts': the first metabolic disorder to have a successful treatment; the first to be controlled by diet; and the first to be detected by newborn screening. [5]

Most raw materials for traditional flour confectionery contain large amounts of protein and phenylalanine. For example, 100 g of wheat flour contains 500 mg of phenylalanine, 100 g of chicken eggs - 652 mg, 100 g of whole milk powder - 1400 mg of phenylalanine. [1]

We analyzed the raw material market and selected raw materials for the low-protein cookies designing with low phenylalanine content.

In the production of low-protein confectionery, it is reasonable to use raw materials that do not contain at all, or contain very small amount of phenylalanine. For example, in highly purified corn, tapioca starches and sugars, the phenylalanine content is 0 mg per 100 g of product, and the phenylalanine content in butter is 20 mg per 100 g of product.

However, raw materials with high protein content give semi-finished products and finished products the necessary structural and mechanical properties. Wheat flour contains gluten proteins, which take an important role in the process of dough formation, give the dough elasticity and form a gluten skeleton. Egg products contain two surfactants: egg albumin (egg white) and phosphatides - lecithin (egg yolk). Egg albumin serves as a good foaming agent and promotes the formation of a porous fixed structure. Yolk lecithin acts as an emulsifier in emulsion. To model the structural and mechanical properties of traditional dough in the production of low-protein cookies, it is advisable to use structurants (carboxymethyl cellulose, guar gum, xanthan gum), molasses, maltodextrin.

In addition to structural and mechanical properties, proteins also affect sensory characteristics of finished products. Due to the very low protein content, there is no

melanoidin reaction (reaction between amino acids and monosaccharides), which results in the formation of aromatic and colored substances. Therefore, in the development of low-protein confectionery, it is reasonable to use substances that would give the finished product flavor and color. For example, fruit, berry and spicy-aromatic raw materials, natural flavors and dyes.

Experimental studies have shown that corn starch in combination with hydrocolloids of guar gum, xanthan gum and carboxymethylcellulose can be used to make delicious low-protein cookies, the semi-finished product of which has similar structural and mechanical properties to traditional dough.

Conclusions. An important method of treating phenylketonuria is diet therapy. But in order to be able to follow the low protein diet required for this disease, it is necessary to develop low protein food and implement it in production. For this, it is necessary to combine the efforts of technologists, scientists, physicians, and state support is needed.

References

1. Food data (frida.fooddata.dk), version 4, 2019, National Food Institute, Technical University of Denmark
2. Krämer, J. (2020). Sustaining benefits of nutritional therapy in young adults with phenylketonuria-A 2 year prospective study. *Molecular genetics and metabolism reports*, 22, 100573.
3. Burgard, P., Ullrich, K., Ballhausen, D., Hennermann, J. B., Hollak, C. E., Langeveld, M., ... & Lachmann, R. (2017). Issues with European guidelines for phenylketonuria. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 5(9), 681-683.
4. 1. Al Hafid N, Christodoulou J (October 2015). "Phenylketonuria: a review of current and future treatments". *Translational Pediatrics*. 4 (4): 304–17.
5. Cleary, M. A., & Skeath, R. (2019). Phenylketonuria. *Paediatrics and Child Health*.

Низькобілкове печиво: розробки та перспективи

Вікторія Дорошенко, Марія Гриценів,
Елизавета Болотирова, Анна Антонік,
Національний університет харчових технологій

На теперішній час стан здоров'я населення України погіршується, збільшується кількість захворювань різних захворювань, в т.ч. захворювань на фенілкетонурію. Фенілкетонурія — це спадкове захворювання, пов'язане з відсутністю гена, який відповідає за перетворення амінокислоти феніланіну в тирозин [1]. Потрібно зазначити, що єдиним ефективним методом лікування хворих на фенілкетонурію є низькобілкова дієта, яка дозволяє утримувати концентрацію феніланіну в крові хворої людини на безпечному для центральної нервової системи рівні [2].

В Україні низькобілкові/безбілкові борошняні кондитерські вироби не виробляють. В той же час за кордоном такі вироби є. Так, наприклад, компанія Mivalia (Німеччина) виробляє пряники та печиво зі шматочками асолоду, Biscuiten (Польща) — вершкове печиво, BiMig (Польща) — вафельні трубочки з різними начинками.

Розглянувши інгредієнтний склад цих виробів, можна зробити висновок, що уся необхідна сировина на ринку України є: вуглець крохмаль кукурудзяний та пшаничний, модифіковані крохмаль, структуроутворювачі: гуарова камінь, кантанова камінь, метилцелюлоза та ін., жири: інгредієнти: вершкове масло, пальмоядра і пальмова олія та ін., хімічні регулятори, інгулятори моно- і дитетраарили жирних кислот, соевий лецитин тощо [3].

Отже, виходячи з цього, є можливість розробки рецептурного складу та технології низькобілкових борошняних кондитерських виробів. На даному етапі досліджень ми займаємося розробкою низькобілкового печива.



Перші його розробки здійснювали без застосування додаткових структуроутворювачів. До основного рецептурного складу такого печива входять: крохмаль кукурудзяний, борошно пшаничне (в дуже обмеженій кількості), цукор білий, патока, масло вершкове, хімічні регулятори. Було встановлено, що у разі введення до рецептурної композиції збільшеної кількості патоки та невеликої кількості борошна тісто набувало необхідних структурних властивостей. За результатами досліджень розробили два каменювання печива. Розраховано максимально можливі вміст білка та феніланіну в 100 г печива:

- «Калітоски» (білок — 1,1 г, феніланін — 40,8 мг);
- «Калітоски» (білок — 0,9 г, феніланін — 41,5 мг).

В подальшому роботу з розробки низькобілкового печива було продовжено у напрямку застосування структуроутворювачів: карбоксиметилцелюлози (КМЦ) та камію гуара.

За результатами досліджень розроблено декілька рецептур низькобілкового печива. До складу одних входять борошно пшаничне, інші розроблені без застосування борошна. Раціональне застосування структуроутворювачів дозволило виключити з рецептури пшаничне борошно, яке, хоча й застосовували в дуже обмеженій кількості, спричиняло збільшення вмісту білка і, відповідно, феніланіну у печиві, що є негативним. Розраховано вміст білка та феніланіну в 100 г печива:

- «Ванільна насолода» (з застосуванням борошна): білок — 0,44 г, феніланін — 20 мг;
- «Ванільна фантазія» (без застосування борошна): білок — 0 г, феніланін — 0 мг.

Варто зазначити, що печиво «Ванільна фантазія» взагалі не містить білка, завдяки чому хворі на фенілкетонурію можуть споживати його у будь-якій кількості.

Перспективним напрямком розробки низькобілкового печива є застосування різних структуроутворювачів, що повинно дати можливість зробити печиво з різною структурою. В якості солодких речовин доцільно застосовувати цукри та цукрозамінники з низьким глікемічним індексом, що сприятиме розробці виробів, які здійснюватимуть менше навантаження на інсулярний апарат людини. В той же час потрібно враховувати, для якої вікової групи призначені вироби. Значну частину цукрозамінників-поліолів дітям до 3 років споживати не рекомендується.

З метою покращення органолептичних властивостей та вносення вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон та інших необхідних для організму людини речовин замість води доцільно використовувати фруктові та овочеві пюре, соки.

Цікавим і перспективним напрямком є розробка низькобілкових «борошняних» кондитерських виробів м'якшої групи, тобто



виробів, в яких наявна м'якушка. Виходячи з інформації щодо закордонних розробок (Mevalia (Німеччина) виробляє пряники), це можливо.

Підводячи підсумки, потрібно зазначити, що при розробці кондитерських виробів дієтичного призначення перспектив-

ним та необхідним напрямом є створення саме низькокалорійної продукції. Для реалізації цього напрямку роботи доцільна співпраця науковців та виробників.

Література

1. Al Hafid N, Christodoulou J (October 2015). «Phenylketonuria: a review of current and future treatments». *Translational Pediatrics*. 4 (4): 304–17.
2. Hagedorn TS, van Berkel P, Hammerschmidt G, Lhotáková M, Saludes RP (December 2013). «Requirements for a minimum standard of care for phenylketonuria: the patients' perspective». *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 8 (1)
3. Van Wegberg AM, MacDonald A, Ahring K, Bélanger-Quintana A, Blau N, Bosch AM, Burlina A, Campistol J, Feillet F, Gizewska M, Huijbregts SC, Kearney S, Leuzzi V, Maillot F, Muntau AC, van Rijn M, Trefz F, Walter JH, van Spronsen FJ (October 2017). «The complete European guidelines on phenylketonuria: diagnosis and treatment». *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 12 (1)
4. Burgard P, Ullrich K, Ballhausen D, Hennermann JB, Hollak CE, Langeveld M, et al. (September 2017). «Issues with European guidelines for phenylketonuria». *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*. 5 (9): 681–683.
5. E Kose, N Arslan «Vitamin/mineral and micronutrient status in patients with classical phenylketonuria» *Clinical Nutrition Volume 38, Issue 1, February 2019, Pages 197-203.*
6. Nafiseh Soltanizadeh, Leila Mirmoghtadaie Strategies Used in Production of Phenylalanine-Free Foods for PKU management / *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Volume 13, Issue 3, pages 287–299, May 2014*



МАТЕРІАЛИ

**IV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У
ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

17 листопада 2020 р.

ТА

**VII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**ЗДОБУТКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
РОЗВИТКУ КОНДИТЕРСЬКОЇ ГАЛУЗИ**

24 листопада 2020 р.

Київ -2020