

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет Технології виробництва і переробки продукції тваринництва  
Кафедра Харчових технологій

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
бакалавр  
*бакалавр, магістр*

на тему: «Технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави зміголовника молдавського»

Виконав: здобувачка вищої освіти  
за освітньо-професійною  
програми Харчові технології  
*назва освітньо-професійної програми*  
спеціальності 181 Харчові технології  
*код та найменування спеціальності*  
ступеня вищої освіти бакалавр  
*бакалавр, магістр*

групи 181 ХТ  
Берлінова К. В.  
*Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти*  
Керівник: Сукманов В.О.  
*Прізвище та ініціали керівника*

Рецензент: Шостя А.М.  
*Прізвище та ініціали рецензента*

Полтава – 2022 року



**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет Технології виробництва і переробки продукції тваринництва**  
**Кафедра Харчових технологій**

Освітньо-професійна програма Харчові технології  
*назва освітньо-професійної програми*

Спеціальність 181 Харчові технології  
*код та найменування спеціальності*

Ступінь вищої освіти бакалавр  
*бакалавр, магістр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувачка кафедри Харчових технологій**

к.т.н., доцент Будник Н.В.

*(наукове звання, посада, прізвище та ініціали зав. кафедри)*

«26» « вересня » 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧКИ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Берлінової Крістини Вікторівни

*Прізвище, ім'я та по-батькові здобувача вищої освіти*

1. Тема роботи: «Технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського»,

керівник роботи докт. техн. наук, професор кафедри харчових технологій  
*(наукове звання, посада, прізвище та ініціали керівника роботи)*

Сукманов В.О.

затверджені наказом ПДАУ від « 01 » « квітня » 2022 року № «192-ст»

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи « 26 » « травня » 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Об'єкт дослідження: технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського.

2. При розробці технології звернути увагу на необхідність порівняння поживних та технологічних властивостей амарантового борошна та пшеничного; необхідність дослідження екстрагування біологічно активних речовин із змієголовника молдавського; дослідження в'язкості зразків тіста, фізичних та технологічних характеристик печива; аналіз кольору зразків печива, текстури, сенсорного оцінювання зразків печива.

3. Розробити технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням



екстракту з трави змієголовника молдавського.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. Огляд літератури за проблемою досліджень

Розділ 2. Матеріали та методи досліджень

Розділ 3. Результати власних досліджень

5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, графіки, діаграми за темою та об'єктом дослідження

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                              | Строк виконання етапів роботи  | Примітки |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Вибір і затвердження теми роботи.                                                | 15-21 вересня 2021             | ВИК      |
| 2     | Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу | 22-24 вересня 2021             | ВИК      |
| 3     | Опрацювання літературних джерел                                                  | 25 вересня – 25 жовтня 2021    | ВИК      |
| 4     | Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи             | 26 жовтня – 26 листопада 2021  | ВИК      |
| 5     | Виконання теоретичного розділу роботи                                            | 27 листопада – 27 грудня 2021  | ВИК      |
| 6     | Виконання аналітичних розділів роботи                                            | 28 грудня 2021 – 2 лютого 2022 | ВИК      |
| 7     | Виконання експериментальної частини роботи                                       | 3 лютого – 3 березня 2022      | ВИК      |
| 8     | Оформлення тексту роботи                                                         | 3 березня – 15 травня 2022     | ВИК      |
| 9     | Попередній захист роботи на кафедрі                                              | 16 травня – 22 травня 2022     | ВИК      |
| 10    | Нормоконтроль                                                                    | 23 травня - 26 травня 2022     | ВИК      |
| 11    | Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій                        | 27 травня – 7 червня 2022      | ВИК      |
| 12    | Захист кваліфікаційної роботи                                                    | 8-15 червня 2022               |          |

Здобувачка вищої освіти

(підпис)

Берлінова К.В.

(прізвище та ініціали здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

(підпис)

Сукманов В.О.

(прізвище та ініціали здобувача вищої освіти)



## АНОТАЦІЯ

Берлінова Крістіна Вікторівна

Технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського. Кваліфікаційна робота за освітньо-професійною програмою Харчові технології спеціальності 181 Харчові технології. Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, 2022 рік.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 48 с., 8 рис., 7 табл., 47 джерел.

Мета роботи – дослідження властивостей печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування. Об'єкт дослідження – технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського. Предмет дослідження – фізичні, технологічні, органолептичні властивості (колір, зовнішній вигляд, аромат, смак, текстура, загальне враження) печива.

Методи дослідження – теоретичні: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення; експериментальні: екстрагування біологічно активних речовин субкритичною водою, аналіз в'язкості, текстури, органолептичних показників.

Пояснювальна записка містить огляд літератури; опис експериментального обладнання та методик проведення досліджень. Опис результатів власних експериментальних досліджень з визначення раціональних параметрів процесу екстрагування біологічно активних речовин із змієголовника молдавського; порівняльний аналіз поживних та технологічних властивостей амарантового борошна; результати дослідження в'язкості зразків тіста, фізичних та технологічних характеристик печива; аналіз кольору зразків печива, текстури та сенсорного оцінювання зразків печива. Запропоновані технологічна та апаратурно-технологічна схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського. Результати досліджень можуть бути рекомендовані для впровадження на підприємствах хлібобулочної та кондитерської галузей.

Ключові слова: печиво, борошно пшеничне, борошно амарантове, змієголовник молдавський, субкритична вода, технологія.



## ABSTRACT

Berlinova Kristina Viktorivna

Technology of cookies from a mixture of wheat and amaranth flour with the addition of an extract from the grass of the Moldavian snakehead. Qualification work under the educational and professional program Food technologies specialty 181 Food technologies. Poltava State Agrarian University, Poltava, 2022.

Explanatory note to the qualification work: 48 pages, 8 figures, 7 tables, 47 sources.

The purpose of the work is to study the properties of cookies made from a mixture of wheat and amaranth flour with the addition of an extract from the grass of the Moldovan snakehead, obtained by the method of subcritical extraction. The object of the research is the technology of cookies made from a mixture of wheat and amaranth flour with the addition of an extract from the grass of the Moldavian snakehead. The subject of research is physical, technological, organoleptic properties (color, appearance, aroma, taste, texture, general impression) of cookies.

Research methods are theoretical: analysis, synthesis, comparison, generalization; experimental: extraction of biologically active substances with subcritical water, analysis of viscosity, texture, organoleptic indicators.

The explanatory note contains a review of the literature; description of experimental equipment and research methods. Description of the results of own experimental research on determining the rational parameters of the process of extracting biologically active substances from the Moldavian snakehead; comparative analysis of nutritional and technological properties of amaranth flour; the results of research on the viscosity of dough samples, physical and technological characteristics of cookies; color analysis of cookie samples, texture and sensory evaluation of cookie samples. Proposed technological and equipment-technological schemes for the production of cookies from a mixture of wheat and amaranth flour with the addition of an extract from the grass of the Moldavian snakehead. Research results can be recommended for implementation at enterprises of the bakery and confectionery industries.

Key words: cookies, wheat flour, amaranth flour, Moldovan snakehead, subcritical water, technology.



## ЗМІСТ

|                                                                                           |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ВСТУП                                                                                     | стор. |
|                                                                                           | 8     |
| 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ПРОБЛЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ                                    | 10    |
| 1.1. Інноваційні технології печива з використанням амарантового борошна                   | 10    |
| 1.2. Використання природніх пряно-ароматичних сумішей у технологіях кондитерських виробів | 12    |
| 1.3. Технології вилучення біологічно активних речовин з рослинної сировини                | 15    |
| Мета та завдання досліджень                                                               | 17    |
| 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ                                                         | 19    |
| 2.1. Використані матеріали                                                                | 19    |
| 2.2. Визначення хімічного складу                                                          | 20    |
| 2.3. Дослідження в'язкості зразків                                                        | 20    |
| 2.4. Методика отримання екстракта із змієголовника молдавського                           | 21    |
| 2.5. Технологія виготовлення дослідних зразків печива                                     | 23    |
| 2.6. Методика проведення аналізу фізичних показників печива                               | 24    |
| 2.7. Методика проведення аналізу кольора зразків                                          | 24    |
| 2.8. Методика аналізу текстури зразків                                                    | 24    |
| 2.9. Методика проведення сенсорного оцінювання зразків                                    | 25    |
| 2.10. Статистичний аналіз                                                                 | 25    |
| 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ                                                          | 26    |
| 3.1. Порівняльний аналіз поживних та технологічних властивостей амарантового борошна      | 26    |
| 3.2. Дослідження екстрагування біологічно активних речовин із змієголовника молдавського  | 27    |



|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3. Результати дослідження в'язкості зразків тіста                                                                                                                                     | 30 |
| 3.4. Дослідження фізичних та технологічних характеристик печива                                                                                                                         | 32 |
| 3.5. Аналіз кольору зразків печива                                                                                                                                                      | 33 |
| 3.6. Аналіз текстури зразків печива                                                                                                                                                     | 35 |
| 3.7. Результати сенсорного оцінювання зразків печива                                                                                                                                    | 35 |
| 3.8. Розробка технологічної та апаратурно-технологічної схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського | 37 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ                                                                                                                                                                  | 42 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                                                                                                                                                              | 44 |



## ВСТУП

Печиво є одним з найпоширеніших продуктів харчування. Як правило, печиво готують з пшеничного борошна, в якому не вистачає деяких незамінних амінокислот, таких як лізин і триптофан, тоді як зерна амаранта багаті на лізин і триптофан. Даний факт свідчить про актуальність розробки технології з використанням комбінування пшеничного та амарантового борошна, що збільшить його поживну цінність.

Зростаючи вимоги споживачів до якості продуктів харчування, в тому числі і кондитерських виробів, призвело до зростання попиту та використання природніх харчових ароматизаторів та пряно-ароматичних сумішей у технологіях кондитерських виробів, що позитивно впливає на конкуренцію, збільшенням асортименту на ринку продукції та збільшенням попиту на низькокалорійні, дієтичні вироби та продукти на основі білкових концентратів.

Серед сотен рослин, які використовуються як сировина у технологіях харчових продуктів заслуговує на увагу однорічна трав'яниста рослина змієголовник молдавський (*Dracosephalum moldavica* L.), що виступає чудовою ефірно-олійною сировиною.

Для отримання екстрактів з змієголовника молдавського існує багато методів, але найбільш ефективною та інноваційною технологією є екстрагування біологічно активних речовин субкритичною водою.

Таким чином, робота, спрямована на розробку технології печива з суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування є актуальною. Апріорний аналіз існуючих досліджень за даною темою показав, що даних досліджень на даний час проведено не було.

Мета роботи – дослідження властивостей печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування.



Об'єкт дослідження – технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського.

Предмет дослідження – фізичні, технологічні, органолептичні властивості (колір, зовнішній вигляд, аромат, смак, текстура, загальне враження) печива.

Для досягнення мети дослідження нами було сформульовані завдання дослідження:

- провести аналітичний аналіз наявної науково-технічної інформації з проблеми дослідження;
- отримати раціональні параметри екстрагування змієголовника молдавського субкритичною водою;
- обґрунтувати рецептурний склад печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського;
- дослідити вплив співвідношення вмісту пшеничної та амарантового борошна на фізичні властивості печива;
- визначити раціональні параметри екстрагування субкритичною водою листя змієголовника молдавського;
- обґрунтувати оптимальний вміст екстракту з листя змієголовника молдавського у рецептурному складі печива;
- проаналізувати структуру розробленого печива;
- провести органолептичне оцінювання виготовлених зразків печива;
- розробити технологічну та апаратурно-технологічної схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ПРОБЛЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1. Інноваційні технології печива з використанням амарантового борошна

Печиво є одним з найпоширеніших продуктів харчування, тому значна частка світових наукових досліджень спрямована на подальше вдосконалення технологій його виробництва та розробку інноваційних технологій, спрямованих на отримання печива зі збільшеною його поживною цінністю, та покращеними харчовими властивостями.

Використання комбінованого рецептурного складу є одним із перспективних напрямів робіт задля досягнення цієї мети. Комбіноване борошно має економічну цінність у країнах, що розвиваються, оскільки воно знижує навантаження на імпортоване пшеничне борошно і сприяє використанню як борошно вирощуваних на місці сільськогосподарських культур [1-4].

Для виробництва печива, у тому числі і безглютенового, на сьогодні використовують борошно (гречане, кукурудзяне, рисове) [5], крохмаль (картопляний, кукурудзяний) [6] та жиромістні компоненти (сухі вершки, сухе молоко з різним відсотком жиру) [7]. При виробництві безглютенових кексів та печива використовують цукрози, фруктози та глюкози [8, 9].

Для покращення структури виробів запропоновано застосовувати безглютенові види борошна з підвищеним вмістом білка (льняне, соргове, амарантове та ін.) з метою підвищення харчової цінності та структурно-механічних властивостей готової продукції.

Так, у роботі [10] було представлено результати досліджень впливу додавання амарантового і льняного борошна різної якості на споживчі характеристики й біологічну цінність зтяжного, цукрового і здобного печива.

Амарантове і льняне борошно відрізняються від пшеничного зниженою вологістю, вищою водопоглинальною здатністю і вмістом поживних речовин.



Слід зазначити, що технологія переробки зерна суттєво позначається на вмісті білку, жиру, білості й запаху борошна. Незначне зниження намочуваності печива і поліпшення органолептичних властивостей, амінокислотного складу вказують на доцільність застосування амарантового борошна, особливо тонкодисперсного помелу, для виробництва цукрового і здобного печива при співвідношенні амарантового борошна до пшеничного як 1:1 і 3:5 відповідно. Використання 5 % попередньо гідратованого льняного борошна до маси пшеничного борошна поліпшує якість цукрового і здобного печива на амарантово-пшеничному борошні. Таким чином було доведено, що використання амарантового та льняного борошна з прийнятними функціонально-технологічними властивостями позитивно впливає на якість цукрового і здобного печива на розробленій композиційній суміші, підвищує його біологічну цінність [10].

Рослини амаранту (*Amaranthaceae*) поширені по всьому світу, і їх можна вирощувати в широкому діапазоні кліматичних умов для зараження або для виробництва корисних кормів та харчових продуктів [11]. В Індії амаранти переважно вирощують у Гімалаях від Кашміру до Бутану, а також на пагорбах Південної Індії. Амарант не є «справжніми злаками», такими як пшениця, кукурудза або ячмінь, а скоріше вважається «псевдозерновими», такими як гречка (*Fagopyrum esculentum*) та кіноа (*Chenopodium quinoa*). Зерновий амарант має кілька привабливих властивостей, таких як відсутність глютену, високоякісний білок і наявність великої кількості клітковини та мінералів, таких як кальцій та залізо [12]. Більш того, ці зерна також є джерелом багатьох біоактивних сполук, що сприяють зміцненню здоров'я, таких як фітостерини, поліфеноли, сапоніни та сквален [13]. На додаток до поживних характеристик рослини амаранту мають агрономічні особливості, які визначають його як альтернативну культуру, в якій не можна вирощувати зернові та овочі (сухі ґрунти, великі висоти та високі температури) [14]. В Азії індійська дієта знаходить у зерні амаранту кулінарно прийнятний продукт з високим вмістом білка та клітковини, альтернативу пшениці та легко включається в традиційну



кухню [15]. Поряд із поживними властивостями, насіння амаранту приписується багатьом перевагам для здоров'я, таким як зниження рівня холестерину в плазмі, стимуляція імунної системи, протипухлинна активність, зниження рівня глюкози в крові та поліпшення станів гіпертонії та анемії [16].

Печиво займає важливе місце в закусках через його смак, хрустку скоринку і зручність при прийомі їжі. Вони є популярними серед усіх вікових груп, особливо у дітей. Як правило, печиво готують з пшеничного борошна, в якому не вистачає деяких незамінних амінокислот, таких як лізин і триптофан [17], тоді як зерна амаранта багаті на лізин і триптофан [18]. Щоб збільшити його поживну цінність, печиво готують із збагаченого або комбінованого борошна. Комбіноване борошно має економічну цінність у країнах, що розвиваються, оскільки воно знижує навантаження на імпортоване пшеничне борошно і сприяє використанню як борошно вирощуваних на місці сільськогосподарських культур [3,4]. Ряд досліджень показали покращену поживну цінність печива за рахунок включення темно-синьої квасолі, насіння кунжуту [19], кукурудзяного волокна [20], соєвого білка та клітковини, нут, сочевиця [21], ячмінь [22], соя, кукурудза [23] та ін. [24].

## **1.2. Використання природніх пряно-ароматичних сумішей у технологіях кондитерських виробів**

Зростаючі вимоги споживачів до якості продуктів харчування, в тому числі і кондитерських виробів, призвело до зростання попиту та використання природніх харчових ароматизаторів та пряно-ароматичних сумішей у технологіях кондитерських виробів, що позитивно впливає на конкуренцію, збільшенням асортименту на ринку продукції та збільшенням попиту на низькокалорійні, дієтичні вироби та продукти на основі білкових концентратів. На сьогодні, у країнах Європейського союзу харчові ароматизатори, в залежності від походження, класифікують на 3 групи : натуральні, ідентичні натуральним та штучні [25]. Свого часу, з розвитком хімічної галузі найбільш широкого використання набули штучні ароматичні речовини через їх високу



стабільністю та відносною дешевизною, але їх надмірне споживання може завдавати шкоди здоров'ю людини, а особливо дитини. Тож актуальною постає проблема створення натуральних смако-ароматичних речовин з використанням рослин, що ростуть на території України, що дасть можливість знизити вартість виготовлення ароматизатору та дасть змогу підвищити рівень розвитку вітчизняної харчосмакової галузі.

Серед сотен рослин, які використовуються як сировина у технологіях харчових продуктів заслуговує на увагу однорічна трав'яниста рослина змієголовник молдавський (*Dracosephalum moldavica* L.), що виступає чудовою ефірно-олійною сировиною (Рис. 1.2).

Всі частини рослини містять ефірну олію, вихід якої в залежності від періоду вегетації та місця зростання рослин становить 0,05-0,15%. Максимальне накопичення ефірної олії спостерігається на стадії повного цвітіння. Ефірна олія, отримана з свіжих рослин, - прозора рідина світло-жовтого кольору з лимонним запахом, яка може бути джерелом отримання цитралю (25-70%). Крім того, в маслі містяться гераніол (30%), тимол, нерол (7%) та інші сполуки. У плодах міститься 20-25% жирної олії.

Багато років його широко використовують в народній медицині. Фітомаса змієголовника має великий вміст ефірних олій, що в значній мірі залежить від місця зростання, формових особливостей і фази росту на якій була зібрана рослина. Так маса ефірної олії може досягати від 0,85% до 1,90% загальної маси рослини [26]. Ефірна олія Змієголовника молдавського володіє дуже цінними характеристиками. Вона має світло-жовтий колір та виражений лимонно-м'ятний аромат. Приблизно на 36-42% вона складається з цитралю [27], що є дуже цінною речовиною, що широко використовується в харчовій промисловості в якості ароматизатора, де популярності він набув через свій виразний лимонний запах. Крім цитралю до складу ефірного масла змієголовника молдавського входять гераніол (18-23%) та геранілацетат (19-25%) [27], що наділяють його м'ятно-лимонним ароматом. Завдяки своєму виразному лимонному запаху ефірне масло змієголовника молдавського може



виступати чудовим заміником лимону в технології кондитерських виробів, що дасть змогу для людей з алергією на цей фрукт не відмовлятися від продуктів харчування з його вмістом, а замінити на аналог в якому не присутні відповідні алергени. Алергію на лимон в організмі викликають два головних алергенних білки. Це захисний білок Cit 1 1 та Cit 1 3 – білок-переносник ліпідів, що є стійким по відношенню до нагрівання і травних ферментів, може викликати симптоми харчової алергії і системні реакції, сенсibilізувати організм через шлунково-кишковий тракт [26].



Рис. 1.2. Змієголовник молдавський (*Dracoscephalum moldavica* L.)

Враховуючи цінність та перспективність даної сировини, багато досліджень спрямовано на глибоке вивчення її властивостей. Серед цих робіт заслуговує на увагу одна з останніх робіт [28], яка акумулює значну частку раніш проведених досліджень.



### 1.3. Технології вилучення біологічно активних речовин з рослинної сировини

Для вилучення ефірного масла та інших біологічно активних речовин з сировини існує багато способів, що поділяються на екстракційні і дистиляційні. Частіше для виділення біологічно активних речовин використовують екстракційні методи: настоювання, перколяція, ультразвукове екстрагування, надкритичне флюїдне екстрагування, субкритичне екстрагування водою та інші [30].

Так, у 2019 році у Німеччині було отримано патент «Спосіб отримання лікарських субстанцій із змієголовника молдавського (*Dracosephalum moldavica* L.). Винахід відноситься до способу отримання екстракту з трави змієголовника молдавського (*Dracosephalum moldavica* L.), що містить флавоноїди, що володіє нейротропною активністю, що полягає в екстракції подрібненої сировини етиловим спиртом, фільтрації, упарюванні, при якому подрібнену траву змієголовника екстрагують - 50-ти % етиловим спиртом, при співвідношенні сировини: екстрагент рівному 1:10, при кімнатній температурі, при подачі на кожну наступну екстракцію свіжий екстрагент, рівний злитого вилучення. Недоліком даного способу є використання етилового спирту, що звужує коло використання даних екстрактів.

Екстрагування субкритичною водою є одним з найбільш перспективних методів, так як водні настої та відвари є найбільш фізіологічними лікарськими формами для організму людини. Важливою перевагою цього методу є використання води одночасно як середовища для розчинення біологічно активних речовин та як реагенту хімічної реакції. Суть методу полягає в тому, що беруть звичайну воду і під дією температури 100°-374 °C та тиску 22,4 МПа вона набуває низької в'язкості, високого коефіцієнта дифузії, невеликого міжфазного натягу, але при цьому не втрачає властивостей розчинника [31]. Відносна дешевизна методу, його екологічна безпечність та простота розділення екстрагента робить екстрагування субкритичною водою одним з



найбільш доречних методів виділення ефірного масла зі змієголовника молдавського.

Заслужують на увагу дослідження властивостей змієголовника молдавського, пов'язані з аналізом, встановленням склад фракцій та їхні органолептичні властивості (табл. 1.1) [32-34].

Таблиця 1.1

### Характеристики фракцій ефірних олій змієголовника молдавського [32]

| Фракція  | Склад фракцій                                             | Вміст, % мас.                | Кількість відібраної фракції, % | Аромат                          |
|----------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Перша    | $\alpha$ -пінен<br>Камфен<br>$\beta$ -мірцен<br>d-лімонен | 18,4<br>11,6<br>52,8<br>17,2 | 4,5                             | Лугово-хвойний                  |
| Друга    | l-ліналоол<br>Цинеол<br>Цитраль                           | 16,6<br>24,4<br>58,9         | 39,2                            | Апельсиновий з ананасовим тоном |
| Третя    | Цитронеллол<br>Тимол<br>Гераніол                          | 28,6<br>13,1<br>58,3         | 19,7                            | Плодово-ягідний                 |
| Четверта | Нерол<br>Сексвітерпен                                     | 56,9<br>43,1                 | 24,7                            | Квітковий                       |

Аналіз наявної науково-технічної літератури [32-38] свідчить, що виділене ефірне масло змієголовника молдавського може бути використане в технології борошняних кондитерських виробів, цукерок, мармеладно-пастильних виробів та інших. Ефірне масло може вноситись як у тісто, для поліпшення його органолептичних властивостей, так і в крем та глазур для надання їм специфічного лимонного запаху та легкого жовтуватого відтінку у забарвленні. Виділення ефірного масла та інших біологічно активних речовин зі змієголовника молдавського методом екстрагування субкритичною водою дасть змогу поліпшити технологію печива шляхом підвищення натуральності та безпечності інгредієнтів та збільшить попит на нього і в інших галузях.



### Мета та завдання досліджень

Мета роботи – дослідження властивостей печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування.

Об'єкт дослідження – технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського.

Предмет дослідження – фізичні, технологічні, органолептичні властивості (колір, зовнішній вигляд, аромат, смак, текстура, загальне враження) печива.

Для досягнення мети дослідження нами було сформульовані завдання дослідження:

- провести аналітичний аналіз наявної науково-технічної інформації з проблеми дослідження;
- отримати раціональні параметри екстрагування змієголовника молдавського субкритичною водою;
- обґрунтувати рецептурний склад печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського;
- дослідити вплив співвідношення вмісту пшеничної та амарантового борошна на фізичні властивості печива;
- визначити раціональні параметри екстрагування субкритичною водою листя змієголовника молдавського;
- обґрунтувати оптимальний вміст екстракту з листя змієголовника молдавського у рецептурному складі печива;
- проаналізувати структуру розробленого печива;
- провести органолептичне оцінювання виготовлених зразків печива;



- розробити технологічну та апаратурно-технологічної схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського.

Пшеничне та амарантове борошно, жир, цукор, сіль та екстракт змієголовника та сіль були придбані у магазині фірми «Сміль».

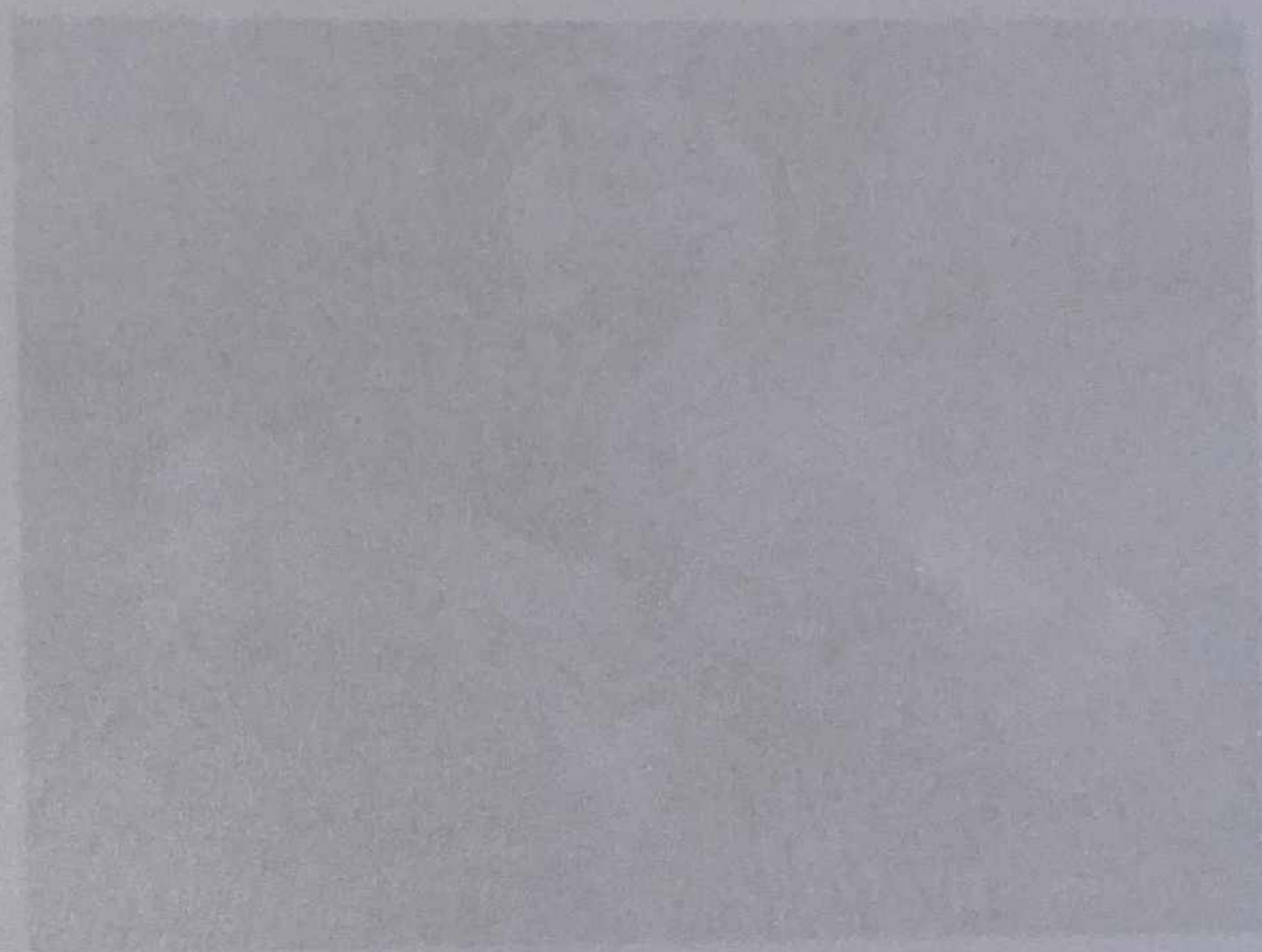


Рис. 2.1. Діжка з амарантом покочана

Враховуючи підвищений рівень споживачів харчових продуктів на натуральні продукти натуральні (змієголовник, розрахунок, стабілізатор, імітація смаку та кольору), та з метою підвищення якості печива нами було запропоновано використати у його рецептурному складі екстракт з листя змієголовника молдавського.

Всі частини цієї рослини містять ефірну олію. Ефірна олія, отримана з цієї рослини, - прозора рідина світло-жовтого кольору з амарантовим запахом, яка може бути використана для смаження (33-50%). Крім того, в маслі містяться каротин (30%), вітамін А (700-1000) та інші ліпідні. У складі містяться 70-75% жирних кислот.

Екстракт змієголовника молдавського отримано шляхом відстоювання трави змієголовника молдавського в олії соняшникової. Для цього трава змієголовника молдавського була подрібнена та поміщена в скляну банку, до якої додали олію соняшника.



## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Використані матеріали

Пшеничне та амарантове борошно, жир, цукор, сухе знежирене молоко та сіль були придбані у магазині фірми «Сільпо».



*Рис. 2.1. Мука з амаранта пакована*

Враховуючи підвищений попит споживачів харчових продуктів на натуральні, природні інгредієнти (антиоксиданти, розрихлювачі, стабілізатори, імітатори запаху та коліру), та з метою підвищення якості печива нами було запропоновано використати у його рецептурному складі екстракт з листя змієголовника молдавського.

Всі частини цієї рослини містять ефірну олію. Ефірна олія, отримана з свіжих рослин, - прозора рідина світло-жовтого кольору з лимонним запахом, яка може бути джерелом отримання цитралю (25-70%). Крім того, в маслі містяться гераніол (30%), тимол, нерол (7%) та інші сполуки. У плодах міститься 20-25% жирної олії.

Ефірне масло використовується в харчовій промисловості, в основному для ароматизації харчових продуктів. Квітки і листя змієголовника мають



приємний запах лимона. Вони використовуються в кулінарії у свіжому та сушеному вигляді як приправа (безпосередньо перед подачею на стіл), для ароматизації салатів, перших та других овочевих, м'ясних, рибних страв, а також при засолюванні огірків, томатів та для приготування хлібного квасу, чаю, компоту.

Листя трави змієголовника молдавського було придбано через роздрібну торгівлю (сайт «Prom»).

## **2.2. Визначення хімічного складу**

Хімічний склад борошна (пшеничного та амарантового), включаючи вміст вологи, жиру, золи, клітковини та білка, визнача згідно існуючих ДСТУ.

## **2.3. Дослідження в'язкості зразків**

Профілі показників в'язкості досліджуваних зразків вивчали за допомогою аналізатора Rapid Visco Analyzer – RVA, (Newport Scientific Pvt. Ltd, Австралія). Зразок борошна (3 г) змішували з 25 мл дистильованої води в контейнері для зразка RVA, щоб отримати загалом 28 г суспензії борошна. Суспензію борошна витримували при 50 °C протягом 1 хв, потім нагрівали до 95 °C протягом 3 хв. Суспензію витримували при 95 °C протягом 3 хвилин, а потім охолоджували до 50 °C протягом 4 хвилин, а потім витримували при цій температурі протягом 2 хвилин. Були записані параметри RVA, тобто температура, пікова в'язкість, мінімальна в'язкість, кінцева в'язкість, руйнування, затримка та температура. Усі виміри повторювали тричі. Результати виражали RVU (RVU, 1 RVU = 12 сантипуаз).

Властивість рідини чинити опір силам, що зсувають її, називається динамічною в'язкістю. Динамічна в'язкість рідини обумовлюється силами зчеплення між молекулами і за величиною дорівнює силі, що перешкоджає їх переміщенню.

За одиницю динамічної в'язкості у системі СГС приймається пуаз (пз), рівний в'язкості такої рідини, в якій сила в 1 дїну переміщує шар рідини



площею  $1 \text{ cm}^2$ , що знаходиться на відстані  $1 \text{ cm}$  від іншого шару зі швидкістю  $1 \text{ cm/сек}$ . Сота частина пуза називається сантипуазом (спз), т. е.  $1 \text{ пуаз} = 100 \text{ сантипуазам}$ .

На Рис. 2.2. показано типове зображення результатів досліджень в'язкості зразків печива (параметри RVA) на приладі Rapid Visco Analyzer.

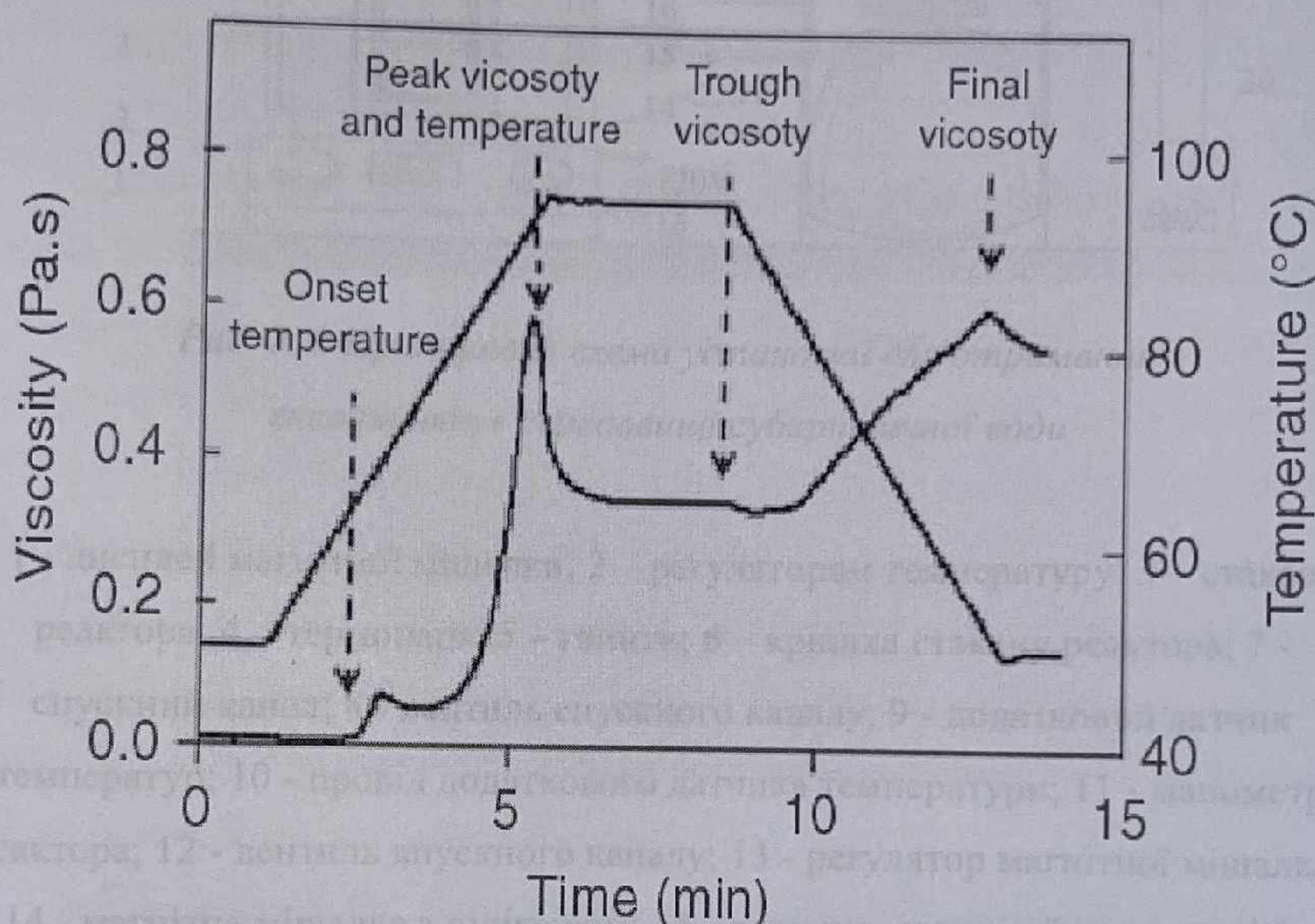


Рис. 2.2. Типове зображення результатів досліджень в'язкості зразків печива (параметри RVA) на приладі Rapid Visco Analyzer

#### 2.4. Методика отримання екстракта із змієголовника молдавського

Експериментальні дослідження процесів екстрагування були проведені в науково-дослідній лабораторії «Субкритичні технології в харчових виробництвах» ПДАУ (Рис. 2.3).



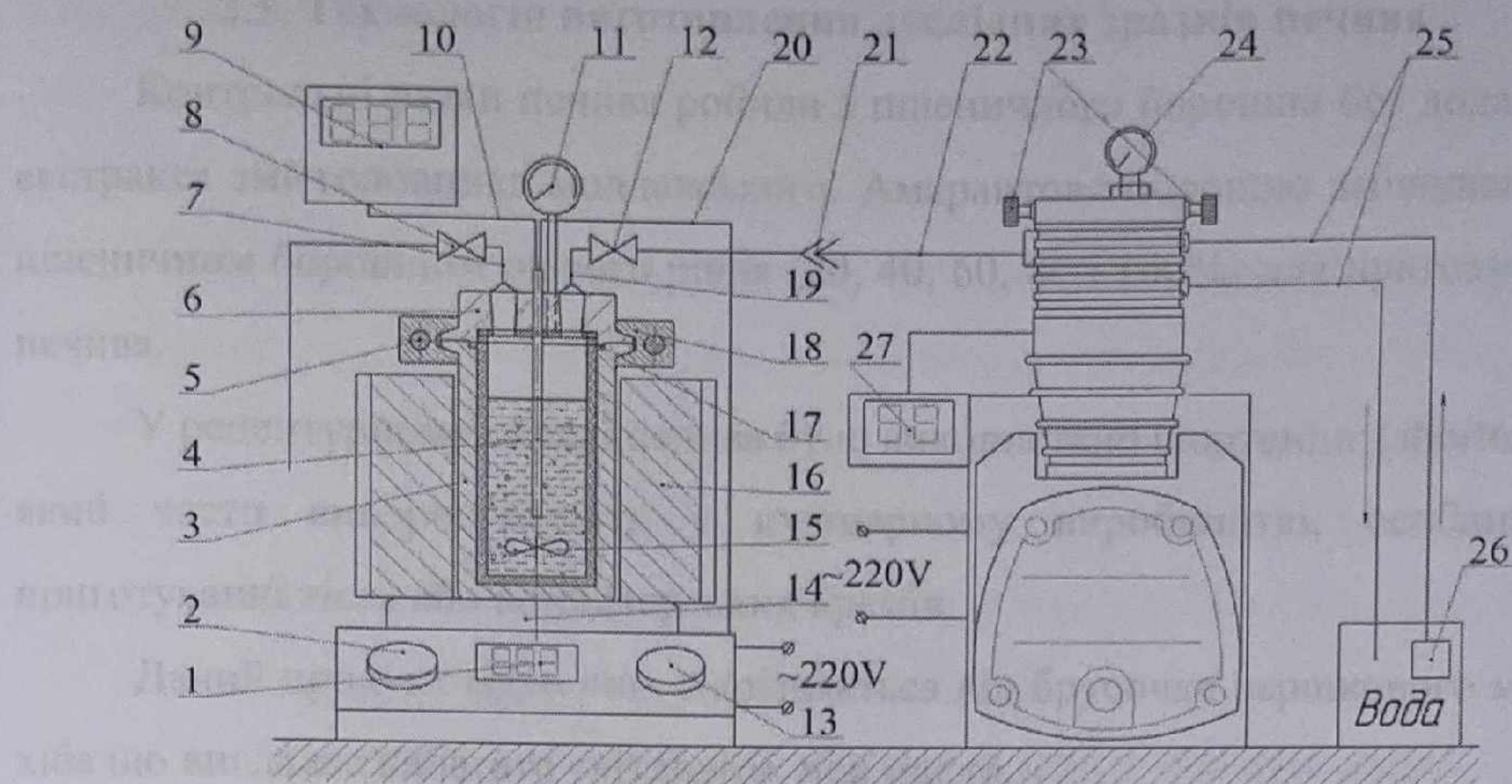


Рис. 2.3. Принципова схема установки для отримання екстрактів в середовищі субкритичної води

1 - дисплей магнітної мішалки; 2 - регулятор температури; 3 - стакан реактора; 4 - термопара; 5 - гвинти; 6 - кришка стакану реактора; 7 - спускний канал; 8 - вентиль спускного каналу; 9 - додатковий датчик температур; 10 - провід додаткового датчика температури; 11 - манометр реактора; 12 - вентиль впускного каналу; 13 - регулятор магнітної мішалки; 14 - магнітна мішалка з підігрівом; 15 - елемент магнітної мішалки; 16 - термоблок; 17 - прокладка фторопластова; 18 - хомут; 19 - впускний канал; 20 - провід основного датчика температури; 21 - з'єднання високого тиску; 22 - шланг високого тиску; 23 - спускні гвинти компресора; 24 - манометр компресора; 25 - водопровід охолодження; 26 - насос системи охолодження компресора; 27 - датчик температури компресора.

Для екстрагування сировини у середовищі субкритичної води було використано реактор високого тиску РВД-2-500, що забезпечує наступні параметри екстрагування: температура – до 220 °С, тиск – до 20 МПа. Екстрагування проводили згідно з Керівництвом з експлуатації реактора високого тиску РВД-2-500.



## 2.5. Технологія виготовлення дослідних зразків печива

Контрольні разки печива робили з пшеничного борошна без додавання екстракта змієголовника молдавського. Амарантове борошно змішувалося з пшеничним борошном різного рівня (20, 40, 60, 80 і 100%) для приготування печива.

У рецептурному складі печива було використано шортенінг (shortening), який часто використовують у кулінарному виробництві, особливо у приготуванні тіста або кондитерських кремів.

Даний продукт мало чим відрізняється від брусочка вершкового масла, хіба що виглядає набагато світлішим, ніж масло.

Шортенінг це кондитерський жир, або харчовий жир спеціального призначення. Він містить рослинні рафіновані олії, у тому числі бавовняну, арахісову, кокосову або пальмову олії, антиокислювачі та емульгатори. Масова частка жиру у ньому становить 99%.

При кімнатній температурі він не розм'якшується, як вершкове масло, його структура залишається твердішою. На відміну від вершкового масла, шортенінг має нейтральний смак. Це робить його корисним для використання там, де сильні жирні пахощі не бажані.

Застосовується у промисловому виробництві вафельних начинок, печива, шоколадних виробів, цукерок для хлібобулочних виробів. Також використовується при виробництві тіста, щоб воно стало розсипчастим та пишним.

Печиво було приготовлене з використанням наступних інгредієнтів: борошно (100 г), шортенінг (топлене масло, Dalda, Індія) (40 г), цукор (40 г), сухе знежирене молоко (10 г), сіль (1,0 г), натрію бікарбонат (1,0 г) та вода (12–22 мл). Шортенінг та цукор змішували з утворенням крему, потім додавали до суміші борошна, бікарбонату натрію та сухого знежиреного молока та ретельно перемішували до утворення тіста. Тісто замішували і розкочували до однорідної товщини 0,25 см і розрізали на круглі форми



діаметром 5 см. Випічку проводили при 170 °C протягом 15 хв. Зразки печива охолоджували та зберігали у герметичних контейнерах.

## **2.6. Методика проведення аналізу фізичних показників печива**

Діаметр та товщину вимірювали штангенциркулем у двох різних місцях кожного печива та розраховували середнє значення для кожного (для кожного печива враховувалося одне значення). Коефіцієнт поширення розрахований за формулою: діаметр печива, розділений на висоту печива [39]. Втрати печива при випіканні розраховували шляхом зважування п'яти печива до і після випікання. Різниця у вазі була усереднена та представлена як відсоток втрати при випіканні.

## **2.7. Методика проведення аналізу кольора зразків**

Вимірювання кольору печива проводили з використанням колориметра Hunter, оснащеного оптичним датчиком (Hunter Associates Laboratory Inc., Рестон, Вірджинія, США) на основі системи CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Значення  $L^*$  вимірюють від чорного до білого (0–100), значення  $a^*$  вимірюють почервоніння, а значення  $b^*$  вимірюють жовтизну.

## **2.8. Методика аналізу текстури зразків**

Твердість випеченого печива вимірювали за допомогою аналізатора текстури (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Великобританія) у режимі стиснення за допомогою зонда з гострим лезом. Попередні, тестові та післятестові швидкості становили 1,5, 2 та 10 мм/с відповідно. Твердість, максимальне пікове зусилля, вимірювали більш ніж шістьма печивами для кожного зразка. Пікова сила руйнування печива виражалася як сила руйнування  $N$ .

## **2.9. Методика проведення сенсорного оцінювання зразків**

Печиво, виготовлене з пшеничного борошна і борошна з цільного насіння амаранту, було піддано органолептичній оцінці за участю 12 експертів,



залучених з університетської спільноти. Печиво оцінювали на смак, аромат, хрусткість, колір та загальну прийнятність. Оцінки виставлялися за 9-бальною гедоністичною шкалою від 9 (дуже подобається) до 1 (вкрай не подобається). Усі учасники дискусії були постійними споживачами печива. Для полоскання рота між оцінками давали воду кімнатної температури. Контроль - печиво із 100% пшеничного борошна.

## 2.10. Статистичний аналіз

Експериментальні дані були представлені як середнє  $\pm$  стандартне відхилення трьох визначень. Статистичні розрахунки проводилися у програмі Microsoft Excel — програмі для роботи з електронними таблицями.



### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Порівняльний аналіз поживних та технологічних властивостей амарантового борошна

Технологічні характеристики амарантового повножирового борошна залежать від сортових особливостей зерна амаранту української селекції і суттєво відрізняються від амарантового знежиреного борошна з пластівців і з крупи [40]. Порівняно з пшеничним борошном вищого сорту, амарантове характеризується нижчою вологістю, вищою водопоглинальною здатністю і автолітичною активністю. Сорт амаранту *Amaranthus hypochondriacus* суттєво впливає на білість повножирового борошна, найбільш світлим з яких є борошно із зерна сорту Харківський-1. За рахунок більшого вмісту жиру і білків, клітковини амарантове борошно відрізняється вищою кислотністю. Водопоглинальна здатність борошна позитивно корелює з автолітичною активністю (+0.885). Кислотність негативно корелює з вологістю (-0.939) і білістю (-0.814) борошна [40]. Хліб, виготовлений із заміною 5, 15, 25% пшеничного борошна вищого сорту на амарантове борошно різних видів, характеризується збільшеним питомим об'ємом виробів, зниженою формостійкістю хліба, збільшеною пористістю м'якушки. Статистично достовірною є кореляція комплексної якості досліджуваних зразків хліба з питомим об'ємом (+0.540) та негативною з кислотністю (-0.685). Формостійкість негативно корелює з пористістю (-0.598), а питомий об'єм і пористість мають позитивний кореляційний зв'язок (+0.533) [40]. Питомий об'єм і пористість хліба при застосуванні амарантового повножирового борошна зростають у 1.1-1.3 і 1.1 разів відповідно. Використання знежиреного борошна з пластівців призводить до збільшення питомого об'єму виробів у 1.3-1.9, пористості – на 1.1-1.2 разів, з крупи – у 1.3-1.5 і 1.1-1.2 разів відповідно. Зразки хліба з 25% дозуванням амарантового борошна усіх досліджених видів і вироби з 15% повножирового борошна із зерна сорту Лера



характеризуються найнижчими споживчими якостями. Доведено, що використання 5-15% повножирового борошна із зерна амаранту сорту Харківський-1 та знежиреного борошна з пластівців і з крупи як побічних продуктів переробки зерна амаранту на олію підвищує якість хліба і дозволяє поліпшити його поживну цінність [40].

Хімічний склад пшеничного та амарантового борошна, що використовується для приготування печива, представлений у таблиці 3.1. Було встановлено, що амарантове борошно має високий вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирій клітковини та золи в порівнянні з пшеничним борошном.

Таблиця 3.1

### Склад пшеничного та амарантового борошна

| Зразки             | Волога          | Попіл           | Сирий жир       | Сирий протеїн    | Сира клітковини |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Пшеничне борошно   | $11,3 \pm 0,06$ | $1,3 \pm 0,04$  | $1,6 \pm 0,05$  | $10,56 \pm 0,03$ | $1,2 \pm 0,04$  |
| Амарантове борошно | $8,13 \pm 0,15$ | $2,93 \pm 0,08$ | $6,68 \pm 0,08$ | $15,05 \pm 0,05$ | $3,0 \pm 0,03$  |

Примітки: значення є середні значення і стандартні відхилення трьох визначень ( $n = 3$ ).

### 3.2. Дослідження екстрагування біологічно активних речовин із змієголовника молдавського

Основною перевагою екстрагування у середовищі субкритичної води є можливість ефективного вилучення ефірних олій, в той час як при звичайних умовах екстрагування це можливо лише при використанні органічних розчинників, наприклад, спирту.

Тому, враховуючи той факт, що загальним показником ефективності процесу екстрагування може бути вихід сухих речовин, які містять суму



біологічно активних речовин, в тму числі і присутні у рослинні сировині ефірні олії.

Аналіз апріорної інформації [31, 41] свідчить, що серед технологічних параметрів, що впливають на ефективність екстрагування (температура та тривалість екстрагування, тиск, гідромодуль – відношення маси сухої сировини до маси екстрагенту та розмір фракції сировини), найбульше значення мають перші два параметри.

Спираючись на інформацію, присутню у наукових роботах [31, 41], було обрано: гідромодуль – 1:25; розмір фракції –  $1,0 \pm 0,5$  мм; тиск – 6 МПа.

Значення параметрів температури екстрагування варіювали у наступних межах: 120 °С, 140 °С, 160 °С. Тривалість екстрагування – до 30 хвилин.

Результати досліджень представлені у таблиці 3.2 та на Рис. 3.1.

Таблиця 3.2

**Результати досліджень ефективності вилучення біологічно активних речовин із змієголовника молдавського при різних значення параметрів процесу екстрагування (тиск 6 МПа, гідромодуль – 1:25; розмір фракції –  $1,0 \pm 0,5$  мм), мг/г сухої речовини**

| Тривалість екстрагування, хв | Кінцева температура екстрагування, °С |      |      |
|------------------------------|---------------------------------------|------|------|
|                              | 120                                   | 140  | 160  |
| 5                            | 4,1                                   | 5,2  | 8,9  |
| 10                           | 9,2                                   | 10,6 | 13,7 |
| 15                           | 11,2                                  | 15,4 | 22,4 |
| 20                           | 13,2                                  | 20,0 | 24,8 |
| 25                           | 20,5                                  | 21,7 | 26,4 |
| 30                           | 22,1                                  | 22,7 | 25,3 |



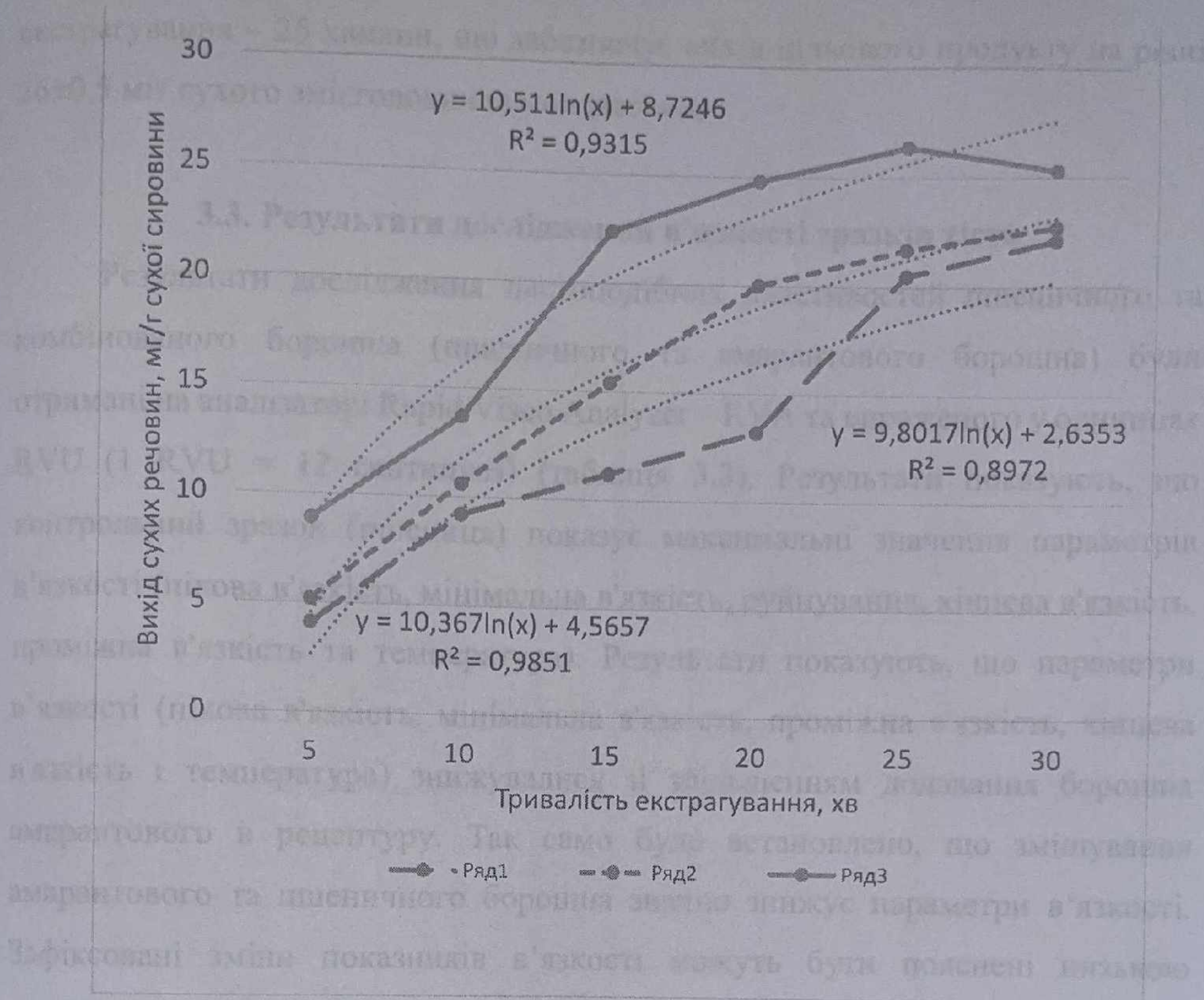


Рис. 3.1. Вихід сухих біологічно активних речовин із змієголовника молдавського при різних значення параметрів процесу екстрагування (тиск 6 МПа, гідромодуль – 1:25; розмір фракції –  $1,0 \pm 0,5$  мм)

Отримані експериментальні дані були апроксимовані наступними залежностями:

|                    |                              |                 |
|--------------------|------------------------------|-----------------|
| при 120 °C, ряд 1: | $y = 9,8017\ln(x) + 2,6353,$ | $R^2 = 0,8972;$ |
| при 140 °C, ряд 2  | $y = 10,367\ln(x) + 4,5657,$ | $R^2 = 0,9851;$ |
| при 160 °C, ряд 3  | $y = 10,511\ln(x) + 8,7246,$ | $R^2 = 0,9315.$ |

Аналіз отриманих результатів дозволив обрати наступні раціональні значення параметрів: температура екстрагування – 160 °C; тривалість



екстрагування – 25 хвилин, що забезпечує вихід цільового продукту на рівні  $26 \pm 0,5$  мг/ сухого змієголовника молдавського.

### 3.3. Результати дослідження в'язкості зразків тіста

Результати дослідження пастоподібних властивостей пшеничного та комбінованого борошна (пшеничного та амарантового борошна) були отримані на аналізаторі Rapid Visco Analyzer – RVA та вираженого у одиницях RVU (1 RVU = 12 сантипуаз) (таблиця 3.3). Результати показують, що контрольний зразок (пшениця) показує максимальні значення параметрів в'язкості (пікова в'язкість, мінімальна в'язкість, руйнування, кінцева в'язкість, проміжна в'язкість та температура). Результати показують, що параметри в'язкості (пікова в'язкість, мінімальна в'язкість, проміжна в'язкість, кінцева в'язкість і температура) знижувалися зі збільшенням додавання борошна амарантового в рецептуру. Так само було встановлено, що змішування амарантового та пшеничного борошна значно знижує параметри в'язкості. Зафіксовані зміни показників в'язкості можуть бути пояснені низькою в'язкістю амарантового борошна. Отримані результати добре узгоджуються з результатами, наведеними у роботі [1].



Таблиця 3.3

## Показники в'язкості пшенично-амарантової муки

| Зразки   | Пікова<br>в'язкість (PV) | Мінімальна<br>в'язкість (TV) | Проміжна<br>в'язкість (TV) | Кінцева<br>в'язкість (FV) | Температура<br>PT (° C) |
|----------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Контроль | 115,33 ± 3,0             | 69,25 ± 1,23                 | 46,08 ± 0,9                | 146,50 ± 1,2              | 86,30 ± 1,09            |
| A1       | 99,83 ± 2,86             | 68,83 ± 2,05                 | 31,0 ± 2,41                | 129,0 ± 2,37              | 84,75 ± 0,56            |
| A2       | 80,25 ± 5,71             | 65,50 ± 1,86                 | 28,83 ± 1,7                | 90,33 ± 1,59              | 79,90 ± 0,16            |
| A3       | 79,50 ± 4,30             | 62,75 ± 2,13                 | 22,16 ± 1,1                | 86,00 ± 4,12              | 79,10 ± 0,54            |
| A4       | 78,08 ± 2,25             | 55,33 ± 3,05                 | 16,75 ± 2,0                | 84,91 ± 2,86              | 78,25 ± 1,21            |
| A5       | 77,50 ± 3,39             | 49,25 ± 1,16                 | 14,75 ± 2,14               | 75,75 ± 3,69              | 76,65 ± 0,23            |

Примітки: A1 = 20% амарантового борошна; A2 = 40% амарантового борошна; A3 = 60% амарантового борошна; A4 = 80% амарантового борошна; A5 = 100% амарантове борошно.

Значення є середні значення і стандартні відхилення трьох визначень (n = 3).



### 3.4. Дослідження фізичних та технологічних характеристик печива

Фізичні характеристики (товщина, діаметр, коефіцієнт поширення та втрати при випіканні) шести типів печива показані в таблиці 3.4. Аналіз отриманих результатів свідчить, що між досліджуваними зразками була значна різниця щодо товщини, діаметра, коефіцієнта розтікання та втрат при випіканні. За результатами було помічено, що діаметр складового печива демонструє тенденцію до збільшення разом із збільшенням рівня заміщення амарантового борошна. Ймовірно, це може бути пов'язано з нижчою в'язкістю амарантового борошна порівняно з пшеничним борошном, внаслідок чого в'язкість тіста знижується в міру збільшення додавання амарантового борошна та збільшення швидкості насипання. Тісто з нижчою в'язкістю змушує печиво розтікатися швидше. Аналогічна теза була висловлена у роботі [42]. Коефіцієнт поширення печива – це відношення діаметра до висоти. Зразки печива з вищим коефіцієнтом поширення вважаються найбільш бажаними [43]. Результати показують, що коефіцієнт поширення комбінованого печива демонструє тенденцію до збільшення поряд із збільшенням рівня заміщення амарантового борошна (Таблиця 3.4).

Отримані результати добре узгоджуються з інформацією, наведеною у роботі [44]. Зафіксована динаміка даного показника дозволяє зробити припущення, що коефіцієнт розподілу печива збільшувався зі збільшенням вмісту білка амарантового борошна, відмінного від білка пшениці.

Втрати печива при випіканні зменшувалися зі збільшенням частки амарантової муки в суміші. Причина цього в тому, що амарантове борошно має високу водоутримуючу здатність у порівнянні з пшеничним борошном через високий вміст білка.



Таблиця 3.4

**Фізичні характеристики печива із суміші пшенично-амарантового борошна**

| Зразки   | Маса (г)     | Товщина (мм) | Діаметр (мм)              | Коефіцієнт поширення | Втрати при випіканні (г/100 г) |
|----------|--------------|--------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Контроль | 13,17 ± 0,11 | 8,78 ± 0,41  | 51,14 ± 0,04              | 5,82 ± 0,08          | 17,79 ± 0,22                   |
| A1       | 13,38 ± 0,21 | 8,49 ± 0,11  | 51,37 ± 0,11 <sup>e</sup> | 6,13 ± 0,05          | 16,36 ± 0,09                   |
| A2       | 13,66 ± 0,15 | 8,30 ± 0,08  | 51,50 ± 0,23              | 6,20 ± 0,06          | 14,25 ± 0,31                   |
| A3       | 14,00 ± 0,19 | 8,24 ± 0,15  | 51,67 ± 0,09              | 6,29 ± 0,04          | 11,40 ± 0,24                   |
| A4       | 14,23 ± 0,22 | 8,16 ± 0,06  | 51,92 ± 0,19              | 6,36 ± 0,05          | 10,64 ± 0,18                   |
| A5       | 14,48 ± 0,19 | 8,07 ± 0,11  | 52,20 ± 0,16              | 6,46 ± 0,07          | 10,13 ± 0,20                   |

Примітки: A1 = 20% амарантового борошна; A2 = 40% амарантового борошна; A3 = 60% амарантового борошна; A4 = 80% амарантового борошна; A5 = 100% амарантове борошно.

Значення є середні значення і стандартні відхилення трьох визначень (n = 6).

### 3.5. Аналіз кольору зразків печива

Колір печива – важливий фактор для первісної прийнятності харчових продуктів для споживачів. Аналіз кольору було проведено з використанням колориметра у системі  $L^*a^*b^*$ . Результати вимірювання кольору композитного печива, заміщеного різним вмістом амарантового борошна, показано в таблиці 3.5. За результатами було помічено, що освітленість ( $L^*$ )



композитного печива має тенденцію до зниження разом із збільшенням рівня заміщення амарантового борошна. Зменшення значень  $L^*$  вказує на те, що складове печиво темніше за кольором при вищих рівнях заміщення. З іншого боку, зворотна тенденція була помічена щодо почервоніння ( $a^*$ ) та жовтизни ( $b^*$ ) композитного печива. Збільшення значень  $a^*$  і  $b^*$  було помічено зі збільшенням рівня амарантової муки при приготуванні печива. Аналогічні дослідження було викладено у роботі [45], автори яких припустили, що вміст білка негативно корелювало з освітленістю печива, вказуючи на те, що реакція Майяра грала основну роль у формуванні кольору. Вважається, що підрум'янювання та карамелізація цукру у реакції Майяра призводить до утворення коричневих пігментів під час випічки [46].

Таблиця 3.5

**Характеристики кольору та аналіз текстури печива із суміші пшеничного та амарантового борошна**

| Зразки   | $L$ -значення    | $a$ -значення   | $b$ -значення    | Твердість (Н)     |
|----------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Контроль | $63,09 \pm 0,21$ | $6,31 \pm 0,12$ | $26,17 \pm 0,14$ | $145,09 \pm 1,02$ |
| A1       | $62,57 \pm 0,06$ | $6,71 \pm 0,17$ | $26,71 \pm 0,06$ | $137,77 \pm 1,84$ |
| A2       | $62,47 \pm 0,08$ | $7,17 \pm 0,24$ | $27,45 \pm 0,19$ | $118,29 \pm 1,43$ |
| A3       | $61,37 \pm 0,17$ | $7,84 \pm 0,20$ | $28,12 \pm 0,23$ | $102,68 \pm 0,89$ |
| A4       | $59,59 \pm 0,24$ | $8,12 \pm 0,16$ | $28,45 \pm 0,07$ | $88,58 \pm 1,26$  |
| A5       | $59,01 \pm 0,05$ | $8,36 \pm 0,08$ | $29,36 \pm 0,44$ | $72,55 \pm 1,17$  |

Примітки: A1 = 20% амарантового борошна; A2 = 40% амарантового борошна; A3 = 60% амарантового борошна; A4 = 80% амарантового борошна; A5 = 100% амарантове борошно.

Значення є середні значення і стандартні відхилення трьох визначень ( $n = 3$ ).



### 3.6. Аналіз текстури зразків печива

Результат аналізу текстури шести типів печива, приготовлених із суміші пшеничного та цільного амарантового борошна, показаний у таблиці 3.5. Твердість істотно відрізняється у всіх зразків печива. Зниження твердості при заміні амарантового борошна печиво може бути пов'язане зі зміною вмісту глютену. Зміни загального вмісту білка не були такими значними, як зміна вмісту глютену для формування композитної матриці тіста для печива [47]. Безперервна білкова матриця в пісочному печиві, такому як печиво з цукровою начинкою, може бути досягнута переважно за рахунок глютену під час випічки [45]. Отже, зменшення вмісту глютену в тісті для печива шляхом заміни його на борошно з амаранту призвело до уповільнення утворення матриць глютену, що сприяло значному зниженню твердості. Автори дослідження [1] також виявили аналогічний результат для твердості печива з амарантового борошна. Вони показали, що сила, необхідна для руйнування печива, значно зменшилася при додаванні до печива амарантового борошна.

### 3.7. Результати сенсорного оцінювання зразків печива

Результати сенсорного оцінювання композитного печива з пшениці та амаранту представлені в Таблиці 3.6. Згідно з представленими результатами, було відзначено значне зниження смакових якостей та загальної прийнятності комбінованого печива з пшениці та амаранту. Не спостерігалось значних змін кольору, аромату та текстури печива, приготовленого із суміші, що містить до 100% амарантового борошна. Щодо смакових якостей, було відзначено значне збільшення середніх балів при додаванні до 60% амарантового борошна до складового печива. Сенсорна оцінка смаку знизилася після додавання 60% амарантового борошна. Це може бути пов'язано з гірким післясмаком амарантового борошна. Загальна оцінка прийнятності показала, що печиво, приготовлене із вмістом до 60% амарантового борошна, мало найбільш прийнятні сенсорні властивості. Слід зазначити, що отримані результати не співпадають з результатами, отриманими у роботі [1], де було показано, що



печиво, що містить 25% борошна з насіння амаранту, було визнано експертами найбільш прийнятним.

Таблиця 3.6

**Органолептичні характеристики печива з різним вмістом пшеничного та амарантового борошна**

| Зразки    | Колір та зовнішній вигляд | Аромат    | Вкус      | Текстура  | Загальне враження |
|-----------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| Конт-роль | 7,00±1,07                 | 8,00±1,42 | 7,66±1,07 | 7,00±1,25 | 7,66±0,36         |
| A1        | 7,66±0,57                 | 8,33±1,06 | 8,00±0,48 | 7,33±1,54 | 7,33±0,52         |
| A2        | 8,00±1,28                 | 8,00±1,14 | 8,00±0,56 | 7,66±0,63 | 7,66±1,29         |
| A3        | 8,00±1,18                 | 8,00±2,03 | 8,33±0,43 | 8,00±0,84 | 8,00±1,46         |
| A4        | 7,66±1,23                 | 7,53±1,71 | 7,00±1,23 | 7,66±1,06 | 6,00±0,68         |
| A5        | 7,66±0,84                 | 7,50±0,69 | 6,00±1,67 | 7,66±0,67 | 6,00±0,83         |

Примітки: A1 = 20% амарантового борошна; A2 = 40% амарантового борошна; A3 = 60% амарантового борошна; A4 = 80% амарантового борошна; A5 = 100% амарантове борошно.

Значення є середні значення і стандартні відхилення трьох визначень ( $n = 3$ ).

Профілограма органолептичних характеристик печива з різним вмістом пшеничного та амарантового борошна наведена на Рис. 3.2.



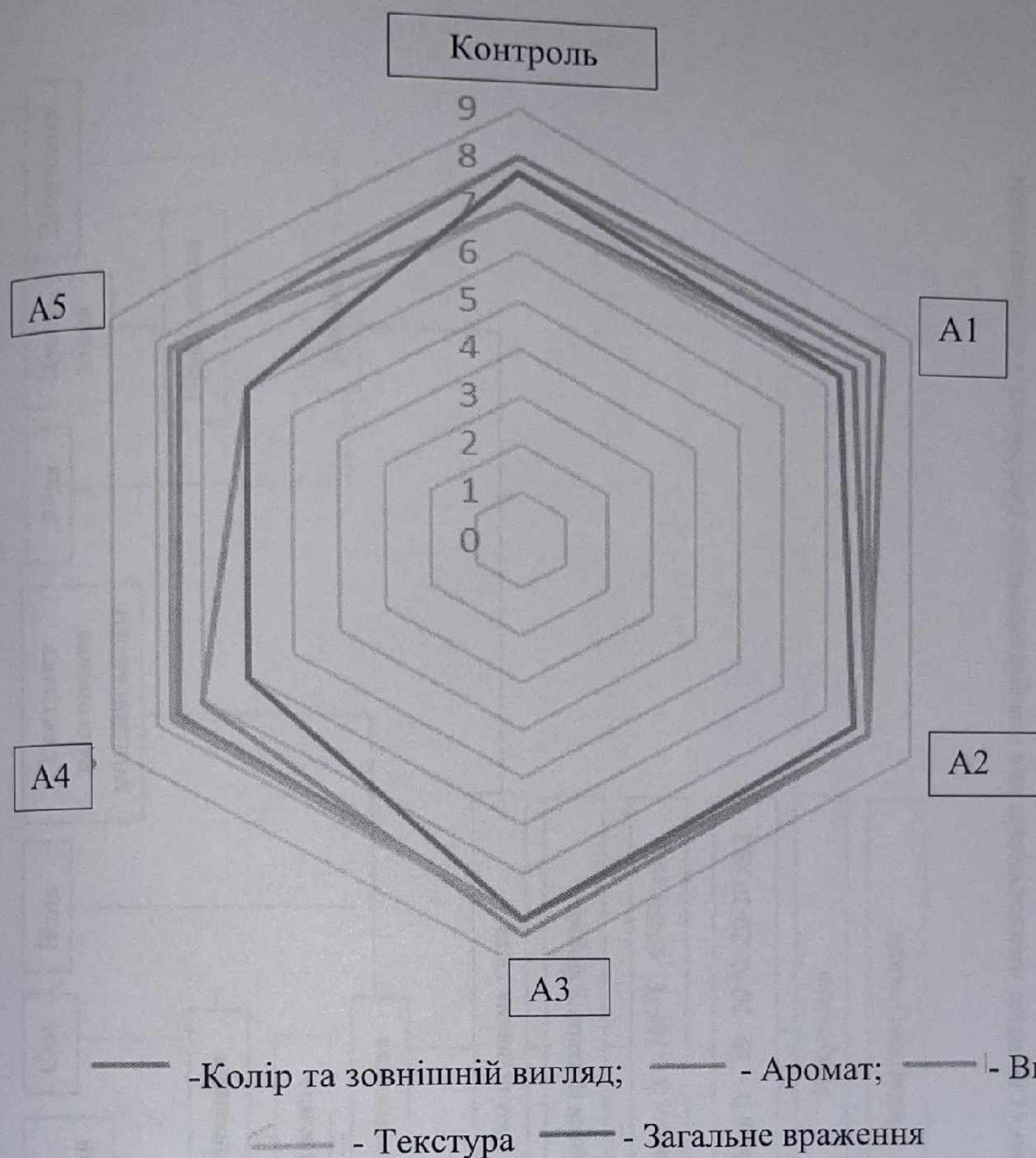


Рис. 3.2. Профілограма органолептичних характеристик печива з різним вмістом пшеничного та амарантового борошна та додаванням екстракта змієголовника молдавського

### 3.8. Розробка технологічної та апаратурно-технологічної схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського

Проведені експериментальні дослідження дозволили розробити технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, наведені на Рис. 3.3 та 3.4.



*Рис. 3.3. Технологічна схема виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського*



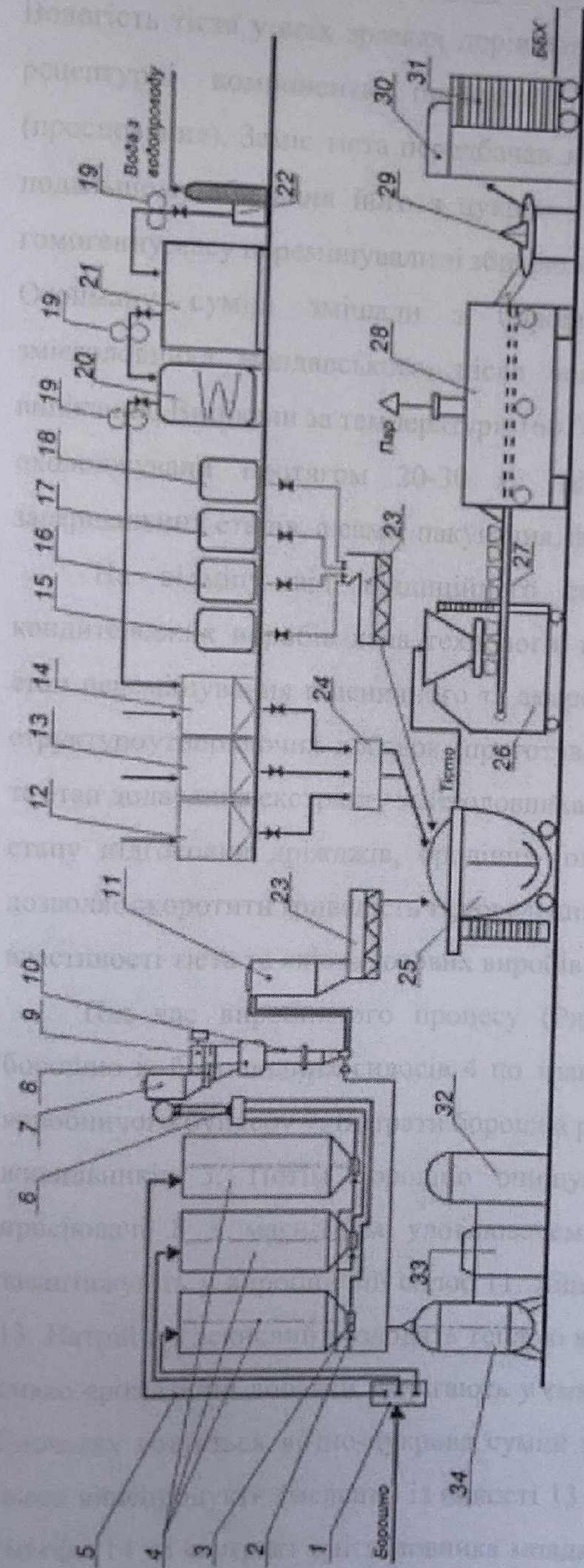


Рис. 3.4. Апаратурно-технологічна схема виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського

1 – приймальний щиток; 2 – ультразвукові сошля; 3 – роторний живильник; 4 – силоси для пшеничного та амарантового борошна; 5 – транспортні труби; 6 – перемикач напрямку; 7 – виробничий бункер; 8 – просіювач борошна; 9 – проміжний бункер; 10 – автоматичні ваги; 11 – виробничий силос; 12, 13, 14 – ємкості для кефіру, меланжу, розчину натрій вуглекислого відповідно; 15, 16, 17, 18 – ємкості для цукру-піску, солі, смако-ароматичних добавок відповідно; 19 – насос; 20, 21 – ємкості для підготовки, підігріву та тимчасового зберігання води; 22 – хімводочисна установка; 23 – шнековий вібродозатор; 24 – дозатор екстракту змієголовника молдавського; 25 – збивальна машина; 26 – депозитор; 27 – транспортер; 28 – піч; 29 – циркуляційний стіл; 30 – укладач; 31 – контейнер для зберігання; 32 – повітряний фільтр; 33 – компресор; 34 – ресивер



В якості розпушувачів використовували меланж та натрій вуглекислий. Вологість тіста у всіх зразках дорівнювала 61-62 %. Борошно та інші сипкі рецептурні компоненти пройшли інспекцію та підготовчі операції (просіювання). Замість тіста передбачав збивання яєць (отримання меланжу) в подальшому збивання його з цукром та шортерінгом (5-6 хв.). Отриману гомогенну масу перемішували зі збитою масою меланжу, шортерінгу та цукру. Отриману суміш змішали з борошняною сумішшю та екстрактом змієголовника молдавського, після чого розливали тісто у форми для випікання. Випікали за температури 160 °C протягом 40...50 хв. Готове печиво охолоджували протягом 20-30 хв, після чого можна переходити до завершальних етапів, а саме: пакування, фасування та транспортування.

На відміну від традиційного способу виробництва борошняних кондитерських виробів дана технологія відрізняється тим, що передбачено етап перемішування пшеничного та амарантового борошна, етап підготовки структуроутворюючих добавок (приготування розчину натрію вуглекислого та етап додавання екстракту змієголовника молдавського, а також виключення етапу підготовки дріжджів, бродіння (опари, тіста) та розстоювання, що дозволяє скоротити тривалість тістотведення, покращити структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів.

Під час виробничого процесу (Рис. 3.4) пшеничне та амарантове борошно із борошняних силосів 4 по транспортним трубам 5 надходить до виробничого бункеру 7. Витрати борошна регулюють за допомогою роторних живильників 3. Потім борошно очищують від сторонніх домішок на просіювачі 8 з магнітним уловлювачем та через автоматичні ваги 10 завантажують у виробничий силос 11. Яйце продукти знаходяться в ємності 13. Натрій вуглекислий розводять теплою водою в ємності 14. Цукор, сіль та смако-ароматичні добавки зберігають у ємкостях 15, 16, 17 та 18 відповідно. Спочатку готується яєчно-цукрова суміш з добавками-поліпшувачами. Для цього яйцепродукти (меланж) із ємкості 13 та розчин натрію вуглекислого із ємкості 14 та екстракт змієголовника молдавського через станцію дозування



рідких компонентів 24 подається до збивальної машини 25, де з шнекового вібродозатора 23 надходить цукор-пісок та додається шортенінг. В результаті збивання цукрово-яєчна суміш насичується повітрям. Для замісу тіста борошно із виробничого силосу 11 та додаткова сировина (сіль, смако-ароматичні добавки) із ємкостей 17,18 через шнековий вібродозатор 23 потрапляє до збивальної машини 25. Зі збивальної машини 25 безглютенове тісто направляється в депозитор 26, що складається з бункеру для тіста та дозаторних головок, за допомогою яких отримують порції тіста однакової маси. Порції тіста у формах для випікання спрямовують транспортером 27 до печі 28 для випікання. Випікають вироби протягом  $(30...35) \times 60$  с за температури  $165...185$  °C. Випечені вироби по жолобу спускного пристрою готової продукції потрапляють на циркуляційний стіл 29, укладальник за допомогою укладача 30 завантажує їх до контейнера 31 для охолодження та зберігання. В разі застосування кефіру, для його зберігання застосовують ємкість 12.



## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз наявної науково-технічної інформації підтвердив, що робота, спрямована на розробку технології печива з суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування є актуальною.

За результатами власних досліджень було визначено, що раціональними параметрами екстрагування біологічно активних речовин з змієголовника молдавського є: температура – 160 °С, тривалість екстрагування – 25 хвилин: гідромодуль – 1:25; розмір фракції –  $1,0 \pm 0,5$  мм; тиск – 6 МПа. При даних параметрах процесу забезпечується вихід цільового продукту на рівні  $26 \pm 0,5$  мг/ сухого змієголовника молдавського.

Результати досліджень в'язкості дослідних зразків показують, що параметри в'язкості (пікова в'язкість, мінімальна в'язкість, проміжна в'язкість, кінцева в'язкість, і температура) знижувалися зі збільшенням додавання борошна амарантового в рецептуру. Так само було встановлено, що змішування амарантового та пшеничного борошна значно знижує параметри в'язкості.

Фізичні властивості розробленого печива, продемонстрували зменшення втрат при випіканні, збільшення діаметра, більший коефіцієнт поширення та меншу твердість, що призвело до більш м'яких смакових характеристик, які вимагаються від печива. зробило Використання амарантового борошна внесло значний вплив на колірні характеристики печива. Таким чином, використання амарантового борошна та екстракту змієголовника молдавського в печиві було ефективним з точки зору технологічних та харчових показників печива.

Було виявлено, що діаметр та коефіцієнт розподілу були вищими у цільнозернового печива з амарантового борошна 52,20 мм та 6,46, відповідно, порівняно з іншими сумішами (20–80%) печива з 51,37 до 51,92 мм та від 6,13



до 6,36 відповідно. Вимірювання текстури показало, що твердість розробленого печива знизилася при додаванні борошна амаранту зі 145 Н (контрольний зразок) до 72,4 Н.

Таким чином даними дослідженнями було доведено, що запропонована технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського дозволяє виробляти печиво підвищеної харчової цінності завдяки використанню амарантового борошна, яке є хорошим джерелом білка, клітковини та жиру в порівнянні з пшеничним борошном та екстракту змієголовника молдавського, який є джерелом біологічно активних речовин та покращує органолептичні властивості продукту.

Результати досліджень та розроблена технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського може бути рекомендована для впровадження на підприємствах хлібобулочної та кондитерської галузей.

6. 15. A. Măru, A. Bărbulescu, M. Măruş, "Sweetening and texturing gluten-free pasta: egg albumen as water replacement", *European Food Research and Technology*, 2014, Vol. 239, P. 217-224.
7. 16. О. В. Бабін. Розроблення технології екстракту з трави змієголовника молдавського для використання в хлібобулочній галузі. Канд. наук. Київ, НУХТ, Київ, 2004. 176 с.
8. 17. Н. П. Лазаренко. Власкомплісний метод визначення вмісту білка в продуктах харчування. Канд. наук. НУХТ, Київ, 2004. 176 с.
9. 18. А. Н. Доржикова, Н. П. Лазаренко, та О. В. Бабін. Екстракція білкового екстракту з трави змієголовника молдавського. VIII Міжнародна науково-технічна конференція "Сільськогосподарська продукція та технології її переробки". Київ, 2010. 167 с.
10. 19. С. Ю. Міщенко, А. А. Доржикова. Дослідження впливу амарантового та пшеничного борошна на властивості хліба. *Науковий вісник Львівського національного університету імені Гетьманів*. № 1(19). 2010. С. 138-143.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sindhuja, A., Sudha, M. L., & Rahim, A. (2005). Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. *European Food Research Technology*, 221, 597–601.
2. С.Ю. Миколенко, А.А. Захаренко Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*. № 1(19) (2020). С. 228-240.
3. Hasmadi, M., Siti Faridah, A., Salwa, I., Matanjun, P., Abdul Hamid, M., & Rameli, A. S. (2014). The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. *Journal of Applied Physics*, 26, 1057–1062.
4. Hugo, L. F., Rooney, L. W., & Taylor, J. R. N. (2000). Malted sorghum as a functional ingredient in composite bread. *Cereal Chemistry*, 77, 428–432.
5. 14. L. E. van Riemsdijk and A. J. van der Goot. Colloidal Protein Particles Can Be Used to Develop a Gluten-free Bread, *Cereal Foods World*, 2011. Vol. 56, № 5, P. 201–204.
6. 15. A. Marti, A. Barbiroli, M. Marengo Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins?, *European Food Research and Technology*, 2014. Vol. 238, P. 217–224.
7. 16. О. В. Бабіч. Розроблення технології безглютенового печива для хворих на целиацію, дис. канд. наук, НУХТ, Київ, 2006. 211–225 с.
8. 17. Н.П. Лазоренко. Вдосконалення технології маффінів спеціального призначення, дис. канд. наук, НУХТ, Київ, 2011. 65-71 с.
9. 18. А.Н. Дорохович, Н. П. Лазоренко, та С. В. Гутник. Технология безглютеновых маффинов для лечебного и профилактического питания, VIII Межд. научно-техническая конф. Техника и технология пищевых производств, Могилев, 2010. 160 с.
10. С. Ю. Миколенко, А. А. Захаренко Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*. № 1(19) (2020). С. 228-240.



11. Rastrelli, L., Pizza, C., Saturnino, P., Schettino, O., & Dini, A. (1995). Studies on the constituents of *Amaranthus caudatus* (*Kiwicha*) seeds. Isolation and characterization of seven new triterpene saponins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 904–909.
12. Ballabio, C., Uberti, F., Di Lorenzo, C., Brandolini, A., Penas, E., & Restani, P. (2011). Biochemical and immunochemical characterization of different varieties of amaranth (*Amaranthus L. ssp.*) as a safe ingredient for gluten-free products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 12969–12974.
13. Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 106–113.
14. Omamt, E. N., Hammes, P. S., & Robbertse, P. J. (2006). Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranth (*Amaranthus spp.*) genotypes. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34, 11–22.
15. Dixit, A. A., Azar, K. M. J., Gardner, C. D., & Palaniappan, L. P. (2011). Incorporation of whole, ancient grains into a modern Asian Indian diet to reduce the burden of chronic disease. *Nutrition Reviews*, 69, 479–488.
16. Caselato-Sousa, V. M., & Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: A comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77, R93–R104.
17. Kent, N. L. (1975). *Technology of cereals* (p. 216). Oxford: Pergamon Press.
18. Mlakar, G. S., Turinek, M., Jakop, M., Bavec, M., & Bavec, F. (2010). Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate. *Journal for Geography*, 5, 135–145.
19. Hoojjat, P., & Zabik, M. E. (1984). Sugar-snap cookies prepared with wheat-navy bean-sesame seed flour blends. *Cereal Chemistry*, 61, 41–44.
20. Artz, W. E., Warren, C. C., Mohring, A. E., & Villota, R. (1990). Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. *Cereal Chemistry*, 67, 303–305.



21. Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 2070–2076.
22. Gupta, M., Bawa, A. S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Effect of barley flour and freeze thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *Food Bioproducts Processing*, 89, 520–527.
23. Mishra, V., Puranik, V., Akhtar, N., & Rai, G. K. (2012). Development and compositional analysis of protein rich soybean-maize flour blended cookies. *Journal of Food Processing and Technology*, 3(9), 1–5.
24. Sharma, P., & Gujral, H. S. (2014). Cookie making behavior of wheat barley flour blends and effects on antioxidant properties. *LWT - Food Science and Technology*, 55, 301–307.
25. N. R. Reilly, and P. H. Green Epidemiology and clinical presentations of celiac disease, *Seminars in immunopathology*. Springer-Verlag, 012. P. 473–478.
26. J.A. Gray, and J.N. Bemiller Bread staling: Molecular basis and control, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2003. Vol. 2, P. 1–21.
27. X. Wang, S. Choi, and W. C. Kerr Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content, *Swiss Society of Food Science and Technology*, 2004. Vol. 37, P. 377–384.
28. О.П. Шейченко, В.И. Шейченко, С.В. Горяинов, Е.В. Звездина, Е.Н. Курманова, Е.В. Ферубко, Е.В. Уютова, О.Г. Потанина, Фади Хажжар. Химический состав и биологическая активность сухого экстракта «розматин» из травы змееголовника молдавского. *ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ*. 2021. №3. С. 253–264.
29. P. R. Shewry, and S. J. Hey Do we need to worry about eating wheat?,
30. Nutrition Bulletin published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Nutrition Foundation. *Nutrition Bulletin*, 2016. Vol. 41, P. 6–3.
31. Сукманов В.О., Українець А.І., Зав'ялов В.Л., Маринін А.І., Соловей Л.В. Субкритична екстракція біологічно активних речовин із виноградних вичавок. Київ НУХТ 2019. С. 61-67.



32. Фролова Н.Е. Ідентифікація компонентів ефірних олій в режимі препаративного виділення / Н.Е. Фролова, В.О. Усенко, І.М.Мацко // Харчова промисловість. – 2005. – № 4. – С. 79–82.
33. Фролова Н.Е. Дослідження пряно-ароматичної сировини як джерела ароматичних речовин в технології натуральних ароматизаторів / Н.Е. Фролова, І.М. Мацко, С.І. Усатюк // Наукові праці НУХТ. – 2006. – № 18. – С. 42–45.
34. Новые возможности в переработке эфиромасличного сырья для пищевых технологий / Н.Э. Фролова, И.Н. Сылка, К.А. Науменко и др. // Научные труды Русенского университета «Ангел Кинчев». – 2010. – Том 49: Битехнологии и пищевые технологии. – С. 36 – 40.
35. Котюк Л.А., Вергун О.М., Рахметов Д.Б. Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. Вып. 7. С. 159–166.
36. Українець А.І., Фролова Н.Е. Наука та інновації. 2010. Т. 6. № 2. С. 36–40.
37. Сергеев А.В., Мокроносова М.А. Синдром оральной аллергии. Медицинская иммунология 2011, Т. 13, № 1, стр. 17-28
38. Фролова Н.Е. Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій натуральних концентрованих ароматизаторів із ефіроолійної сировини. Київ НУХТ 2017. С. 11-12/
39. Zoulias, E. I., Piknis, S., & Oreopoulou, V. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 2049–2056.
40. Mykolenko, S., Zhygunov, D., & Rudenko, T. (2020). Хлібопекарські властивості різних видів амарантового борошна як складової пшеничного хліба. *Food Science and Technology*, 14(4).
41. Субкритична екстракція біологічно активних речовин із виноградних вичавок: моногр. / В.О. Сукманов, А.І. Українець, В.Л. Зав'ялов та ін. — К.: НУХТ, 2019. —415 с.



42. Hoseney, R. C., & Rogers, D. E. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. In H. Faridi (Ed.), *The science of cookie and cracker production* (pp. 203–226). New York, NY: Avi.
43. Finney, D. F., Morris, V. H., & Yamazaki, W. T. (1950). Macro vs. micro cookie baking procedures for evaluating the cookie quality of wheat varieties. *Cereal Chemistry*, 27, 42–46.
44. Singh, J., Singh, N., Sharma, T. R., & Saxena, S. K. (2003). Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. *Food Chemistry*, 83, 387–393.
45. Chevallier, S., Colonna, P., & Della Valle, G. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31, 241–252.
- Chung, H. J., Cho, A., & Lim, S. T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 57, 260–266.
46. Laguna, L., Paula, V., Ana, S., Teresa, S., & Susana, M. F. (2011). Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits. *Journal of Texture Studies*, 43, 235–245.
47. Kannika Kunyanee, Naphatrapi Luangsaku. The impact of heat moisture treatment on the physicochemical properties and in vitro glycemic index of rice flour with different amylose contents and associated effects on rice dumpling quality.