

## СУХЕ МОЛОКО А2 В ТЕХНОЛОГІЇ НИЗЬКОГЛЮТЕНОВИХ БІСКВІТІВ ІЗ БУРЯКОМ

### **Бордунова Ольга Георгіївна**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-7120-1040  
bordunova.olga59@gmail.com

### **Самохіна Євгенія Анатоліївна**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-0983-3047  
evgeniya\_samokhina@ukr.net

### **Василенко Ольга Олександрівна**

кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0003-1643-0702  
vasylenko.sumy@gmail.com,

### **Головко Тетяна Миколаївна**

доктор технічних наук, професор  
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна  
ORCID: 0000-0001-7059-3620  
Golovko.tatyana@gmail.com,

### **Болгова Наталія Вікторівна**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-0201-0769  
natalia.bolhova@snau.edu.ua

### **Применко Владислав Геннадійович**

кандидат технічних наук, доцент  
Дніпровський факультет менеджменту та бізнесу  
Київського університету культури, м. Дніпро, Україна  
ORCID: 0000-0001-7856-6678  
primenkovlad@gmail.com,

### **Коваленко Аліна Ігорівна**

магістр  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0009-0000-7241-6169  
koval\_th@meta.ua

*З молока А2 голштинської породи корів, що є альтернативою звичайному коров'ячому молоку для дієтичного харчування, отримано сухе молоко А2 для використання у рецептурі бісквіту з низьким вмістом глютену з додаванням бурякового порошку та перепелиних яєць. У білку А2 у ланцюзі амінокислот у положенні 67 стоїть пролін, що не утворює пептид бета-казоморфін-7 при перетравленні білка, на відміну від білка А1, що погіршує травлення людини. Буряк (*Beta vulgaris* L.) є джерелами біологічно активних речовин, що покращують антиоксидантні властивості харчових продуктів, таких як бісквіт. Пшеничне борошно, що містить глютен, частково замінено на порошок буряку у різних пропорціях (10 та 20% мас./мас.). Курячі яйця, що є алергенами, повністю замінено на дієтичні перепелині яйця, що мають збалансований поживний склад. Звичайне коров'яче молоко повністю замінено на сухе молоко А2. Нова рецептура зменшує кількість глютену та алергенів, прибирає з рецептури бісквітів  $\beta$ -казеїн А1 та курячі яйця, а також дозволяє підвищити вміст біологічно активних речовин (беталаїн), клітковини та золи. Визначено найкращу рецептуру шляхом дослідження фізико-хімічного складу та органолептичних властивостей бісквіту зі зниженим вмістом глютену з сухим молоком А2, перепелиними яйцями та порошком буряка. Отримані результати дозволили встановити, що заміна звичайного коров'ячого молока сухим молоком*

A2, заміна курячих яєць перепелиними та додавання 20% бурякового порошку до рецептури бісквіту (зразок 2) значно покращило харчову цінність, зменшився вміст жиру на 5 %, а вміст білка збільшився на 35 %. Біологічна цінність Зразка 2 у порівнянні з Контролем значно збільшилась, що підтверджується збільшенням вмісту харчових волокон на 284 % та золи на 153 %. Додавання 20% бурякового порошку надало бісквітам приємний червоний колір та покращило органолептичний показник кольору, що підтверджує ефективність його використання у якості харчового барвника. Органолептичні показники покращились, що позитивно вплинуло на основний текстурний показник розжовуваності, що збільшилась на 11,4 %. Бісквіти зі зниженим вмістом глютену з сухим молоком A2, перепелиними яйцями та сухим буряком, завдяки високим показникам харчової та біологічної цінності та наявності у своєму складі біологічно активних речовин (беталаїн), підходять для повсякденного та дієтичного харчування.

**Ключові слова:** сухе молоко A2, перепелині яйця, овочі, буряк сушений, кондитерські вироби, беталаїн, харчовий барвник, біологічно активні речовини, якісні характеристики.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.3>

## Вступ

Молочні білки виділяються як у молочному секторі, так і в харчовій промисловості. Це пов'язано з їхніми чудовими харчовими та функціональними характеристиками, що робить їх надзвичайно корисними для харчових страв. Обмежена кількість попередніх досліджень була спрямована на дослідження сенсорного та технологічного впливу варіантів  $\beta$ -казеїну в молочних матрицях, наприклад, в йогурті та кондитерських виробках. Тим не менш, враховуючи проведені дослідження, можна зробити висновок, що виробництво молочних продуктів з молока A2 є цілком можливим, оскільки продукти мають незначні відмінності в порівнянні з продуктами, отриманими з традиційного молока (Dantas et al., 2023). Виробництво кондитерських виробів на основі молока A2 є передовим рішенням у технології бісквітів з натуральним наповнювачем для оптимізації інноваційних рецептур (Gao et al., 2022, pp. 36-42). Молоко складається з двох основних груп білків: казеїнів і білків сироватки. Казеїн присутній у вигляді колоїдних агрегатів і випадає в осад за умов рН і температури 4,6 і 20 °C. Сироваткові білки, які також називають сироватковими білками або розчинними білками, залишаються розчинними в цьому стані, тому вони є першою та яскравою ознакою диференціації між ними. Казеїни становлять групу з чотирьох генних продуктів ( $\alpha$ s1-,  $\alpha$ s2-,  $\beta$ - і  $\kappa$ -казеїн) і виявляють виразну мікрогетерогенність через генетичні варіації (Huppertz et al., 2018). Молоко A2 – коров'яче молоко, в якому немає  $\beta$ -казеїну A1. A1 та A2 – генетичні варіанти білка бета-казеїну, які відрізняються однією амінокислотою. Важливість вживання молока A2, замість звичайного коров'ячого молока, підтверджується передовими дослідженнями *in vitro* (Cattaneo et al., 2023). Сироватковий протеїн отриманий при переробці молока A2 може використовуватись у поєднанні з рослинним білковим ізолятом для підвищення кількості лімітуючої амінокислоти рослинного білка, для створення збалансованих рецептур для дієтичних харчових продуктів (Gao et al., 2022 pp. 198-204). Останні дослідження підтверджують ефективність використання молока A2 для покращення роботи шлунково-кишкового тракту не тільки у дорослих, але і у харчуванні дітей (Meng et al., 2023).

Корови голштинської породи та їх різноманітні лінії весь час досліджуються та порівнюються для визначення найкращої молочної продуктивності та наявності в молоці  $\beta$ -казеїну A2 (Mussayeva et al., 2023).

Дослідження різних порід корів, таких як голштинсько-фризька та джерсійська, спрямовані на визначення найкращого фізико-хімічного складу молока та його коагуляційних властивостей, що може значно покращити якість сухого молока A2 (Sanjayan et al., 2023). Селекційна робота з голштинсько-фризькою породою корів направлена на покращення якості та сиропереробних властивостей молока, в тому числі молока A2 (Kamiński et al., 2023).

Перепелині яйця мають поживний, терапевтичний і функціональний потенціал та широко використовуються в харчовій галузі як у свіжому вигляді так і консервовані за допомогою інноваційних методів сушіння яєць, таких як рідке яєчне сушіння і пінно-матове сушіння, для підвищення їх споживання у всьому світі (Moreira et al., 2023). Зменшення масштабів сільськогосподарського виробництва для їжі, доходу та як хобі є зростаючою тенденцією серед українських та американських виробників. Кури-несучки або перепілки є економічно вигідним тваринницьким підприємством для дрібних виробників з обмеженими ресурсами, такими як енергоефективні особисті фермерські господарства в Україні (Adom et al., 2023). Для покращення якісних характеристик яєць перепелів, велика увага приділяється кормам, що збагачуються маслом лаванди та продуктами ферментації водоростей (Özbilgin & Kara, 2023; Reski et al., 2023).

Буряк широко використовується у харчовій галузі, як джерело беталаїну, що підтверджується дослідженнями ефективною екстракції з порошку буряка (Kumar et al., 2023). Для біосинтезу беталаїну підходять не тільки коренеплоди, але і листя буряку, що підтверджується дослідженнями вмісту беталаїну у листях буряку різного кольору (Dong et al., 2023). Однією з важливих харчових добавок, які використовуються в харчовій промисловості, є беталаїн, який використовується як природний барвник. Червоний буряк є найпоширенішим джерелом беталаїну, тому весь час проводяться дослідження його методів сушіння та інкапсуляції, для покращення якісних характеристик та термінів зберігання (Shofinita et al., 2023). Сушений буряк підходить для додавання у рецептури ковбасних виробів збагачених білковим ізолятом у якості харчового барвника, джерела харчових волокон та золи (Gao et al., 2022, pp. 31-35).

Борошняні кондитерські вироби є одними з найперспективніших об'єктів розробки технологій харчових продуктів функціонального призначення, оскільки вони широко використовують у харчуванні населення, як

України так і всього світу. Підвищення обізнаності та компетентності споживачів у виборі харчових продуктів, таких як кондитерські вироби, є пріоритетною для покращення харчування населення. Зацікавленість до кондитерських виробів останнім часом зросла, основними факторами, що сприяють збільшенню попиту на споживання кондитерських та хлібобулочних виробів, є урбанізація, низька собівартість, тривалий термін зберігання, хороший смак і легке їх транспортування (Luick et al., 2023; Srivastava & Singh, 2018). Вміст інших біологічно-активних речовин слід підвищувати за рахунок додавання напівфабрикатів з рослинної сировини. Удосконалення технологій виробництва виробів зі зниженим вмістом глютену на основі інгредієнтів, що вносяться, розширить асортимент таких продуктів харчування вітчизняного виробництва і дозволить їх зробити доступними для широкого кола споживачів. Додавання порошку буряка дозволить розширити раціон харчування людей на симптоми непереносимості глютену. Було проведено широкі дослідження для можливості заміни глютенвмісної сировини іншими інгредієнтами, а також текстуруючими добавками, які надають тісту унікальну в'язкопружність і як результат якості кондитерським виробам (Bender & Schonlechner, 2020). У технології кондитерських виробів часто використовуються білково-вуглеводні концентрати, що виготовляються на основі молочно-білкових концентратів та сушених овочів (Sefikhanova et al., 2020). Для їх виробництва можна використовувати молоко А2 та сушений буряк.

Безглютенова дієта є єдиним ефективним засобом лікування осіб, які страждають на розлади, пов'язані з непереносимістю глютену, і має тенденції до зростання та зміщує фокус на новий ринок безглютенових продуктів. Найбільша частка безглютенових продуктів (47,5%) припадає на Європу (Le et al., 2021). Багато видів безглютенових кондитерських виробів були доповнені широким спектром добавок, таких як гідроклоїди, підкислювачі, емульгатори, розпушувачі, консерванти та ароматизатори або смакові добавки (Martínez-Villaluenga et al., 2020). Хоча вищезазначені інгредієнти оптимізують якість виробів, вони ще більше знижують харчову цінність (Roman et al., 2019). Звичайне борошно, що природно містить глютен (наприклад, пшениця, ячмінь і жито) можуть бути деглутиновані за допомогою технологій біопроектів, наприклад, додавання вибраної закваски здатне детоксикувати імуногенні пептиди за допомогою дії ферменти, що виділяються лактобактеріями (De Angelis et al., 2010). Однак, у цих композиціях безглютенових виробів відсутні харчові волокна та біоактивні сполуки, які обґрунтовано необхідні для нормальної життєдіяльності організму. Джерелами харчових волокон та золи у кондитерських виробках слугують насіння, шкірка, кісточка, шрот, стебла та серцевина фруктів та овочів, які можуть додати біологічну цінність продукту (Helikh et al., 2022; Gao et al., 2021). Комерційна цінність будь-якого кондитерського виробу визначається його текстурою, сенсорними та органолептичними властивостями, які в основному зазнають впливу через фізико-хімічні властивості інгредієнтів (Chandra et al., 2015). Різноманітна харчова сировина

використовується для створення дієтичних харчових добавок (Prymenko et al., 2022), таких як сушений буряк, сироватковий протеїн збагачений мікроелементами та молочний порошок. Найбільш поширеним джерелом харчових волокон є рослинна сировина, а саме коренеплоди, в тому числі буряк різних видів. Буряк столовий є унікальним джерелом харчових волокон - розчинних та нерозчинних, білка та мікро- і макроелементів. Висока біологічна цінність порошку буряка обумовлена оптимальним поєднанням вітамінів, мінеральних речовин і добре засвоюваних вуглеводів (глюкози, фруктози, сахарози). Борошно, отримане з бобових, коренеплодів та зернових продуктів, може використовуватися, як джерело рослинного білка, мікро- та макроелементів і харчових волокон для збагачення вмісту поживних речовин у кондитерських виробках (Chavan & Kadam, 1993). Включення дієтичних волокон до кондитерських виробів, зокрема бісквітів має багато переваг, головним чином зменшує їхню калорійність, а також збільшує споживання харчових волокон (Elleuch et al., 2011).

Основною метою дослідження є створення нової рецептури низько-глютенових бісквітів з заміною компонентів рецептури на дієтичні продукти, такі як сухе коров'яче молоко А2 та перепелині яйця, та безглютеновий інгредієнт, порошок буряку. Нові харчові продукти в рецептурі є доступними для населення з низьким рівнем доходу, при цьому сухе молоко А2, перепелині яйця та порошок буряку мають високу поживну та біологічну цінність. Для підтвердження ефективності зміни рецептури бісквіта, проведено хімічний аналіз інгредієнтів та досліджено якісні характеристики низько-глютенових бісквітів.

#### **Матеріали і методи дослідження**

*Сировина для досліджень.* Коров'яче молоко А1 та А2 від голштинської породи корів, яйця курячі та перепелині, свіжий буряк (*Beta vulgaris* L.), пшеничне борошно зі зменшеним вмістом білка, цукор, розпушувач, олія та інші матеріали, використані в дослідженні, були закуплені із місцевого фермерського ринку м. Суми, Україна. У дослідженні використовувалися хімікати та розчинники класу аналітичних реагентів.

*Підготовка сухого молока А2.* Коров'яче молоко нормалізують, пастеризують та згущують. Потім проводять гомогенізацію молока і його сушіння на розпилювальних сушарках за температури 150-180 °С до 3,0% вологості.

*Підготовка бурякового порошку.* Свіжий буряк (*Beta vulgaris* L.) був привезений з місцевого ринку та очищений від сторонніх речовин та неїстівних частин. Потім буряк нарізали тонкими шматочками (2 мм) за допомогою слайсера. Нарізаний буряк бланшували при 80°C з подальшим сушінням при 55°C протягом 4 годин у камерній сушарці. Процес сушіння проводили за потужності НВЧ 1000 Вт. Процес сушіння припиняли, коли кінцева вологість скибочок буряка була нижчою за 7,0% у вологому розрахунку. Висушений буряк подрібнювали до порошокподібної консистенції і упаковували в герметичні скляні пляшки для подальшого використання.

*Технологія виготовлення бісквітів.* Для приготування бісквітів спочатку змішували просіяне пшеничне

борошно та буряковий порошок. У бісквітне тісто порошок буряка вводився разом з борошном після збивання цукро-яєчної суміші в заданих концентраціях з відповідним зменшенням вмісту пшеничного борошна та заміною курячих яєць перепелиними. Отриману суміш ретельно змішували з іншими інгредієнтами (розпушувач, олія, сухе молоко А2 та ванільною есенцією). Тісто виливали в попередньо змащену олією форму і випікали при 170-180°C протягом 25-30 хвилин.

**Фізико-хімічний склад сухого молока А2, яєць курячих та перепелиних, порошку буряка, пшеничного борошна та аналіз харчової цінності бісквітів.** Був проведений аналіз хімічного складу сухого молока А2, яєць курячих та перепелиних, порошку буряка, пшеничного борошна та зразків бісквіти з їх додаванням, включно з вимірюванням вологи, цукрів та золи (АОАС International, 2006). Вміст жиру аналізували за допомогою методу екстракції Сокслета, вміст білка за допомогою методу К'ельдаля і загальний вміст харчових волокон за допомогою ферментативно-гравіметричного методу (АОАС International, 2006). Енергетичну цінність бісквітів в ккал на 100 г визначали розрахунковим методом.

**Органолептичні характеристики.** Десять експертів оцінювали бісквіти за методом Score Card для оцінки сенсорних параметрів, а саме: колір, консистенція, аромат, смак і загальна прийнятність (Amerine et al., 2013). Отримані значення від учасників оцінювали за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу та виражали як середнє значення.

**Структурний аналіз бісквітів.** Було проведено типовий тест ТРА з використанням текстурного аналізатору TA.XTPlus Texture Analyzer оснащеного циліндричним зондом (P50) зі ступенем стиснення 25%. Визначено

показники твердості, пружності, когезивності та розжовуваності. Результати є середнім значенням 3 відтворюваних циклів текстурного аналізу бісквітів.

**Статистичний аналіз.** Результати досліджень оцінювали за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу і виражали як середнє значення при кількості дослідів  $n=3$  та стандартній похибці  $\alpha < 0,05$ .

### Результати та їх обговорення

Фізико-хімічний склад основних компонентів бісквітів, а саме сухого молока А2, яєць курячих та перепелиних, порошку буряка, пшеничного борошна наведено на рис. 1. Вміст жиру у порошок буряку у 2,5 рази менший ніж у пшеничному борошні. Часткова заміна пшеничного борошна на порошок буряка дозволить зменшити енергетичну цінність харчових виробів. Порошок буряка містить на 60% більше білка, у 2,4 рази більше золи та харчових волокон, ніж пшеничне борошно. Таким чином, порошок буряка раціонально вводити до рецептури борошняних кондитерських виробів з метою часткового заміщення пшеничного борошна зі зменшеним вмістом білка та надання їм статусу низько-глютенових. Як видно з отриманих даних порошок буряка дозволить значною мірою підвищити біологічну цінність бісквітів.

Рецептура бісквітів зі знизеним вмістом глютену збагачених сухим молоком А2, перепелиними яйцями та буряковим порошком. Бісквіти зі знизеним вмістом глютену готували шляхом часткової заміни пшеничного борошна різними пропорціями бурякового порошку. У рецептурі сухе коров'яче молоко повністю замінене сухим молоком А2, а курячі яйця повністю замінені перепелиними. Використовуючи пшеничне борошно та буряковий порошок, було виготовлено два різні зразки бісквітів. Співвідношення у рецептурі пшеничного борошна та

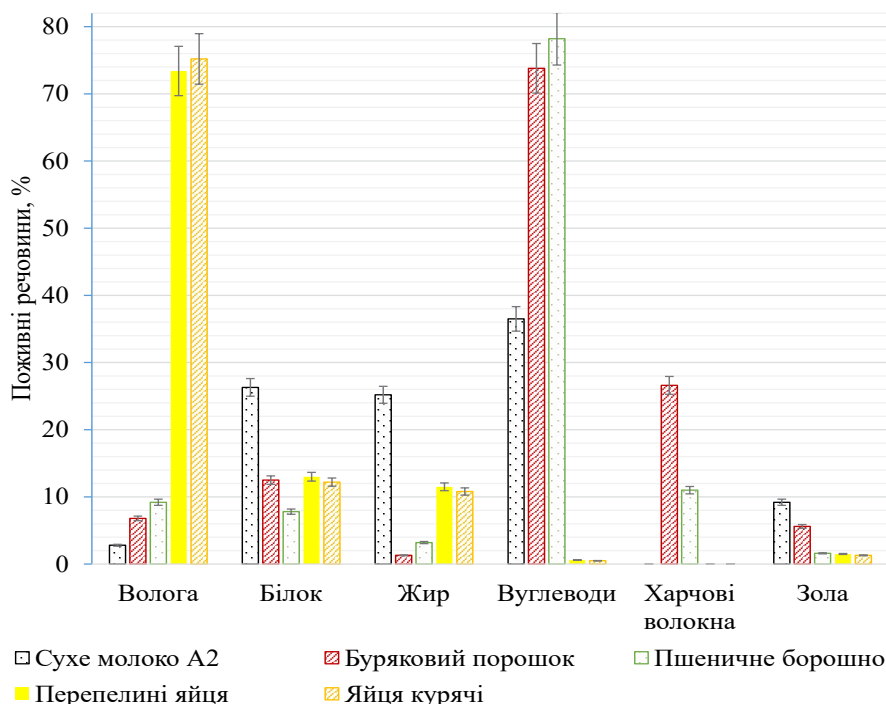


Рис. 1. Фізико-хімічний склад компонентів рецептури бісквіту та їх аналогів  $n=3$ ,  $\alpha < 0,05$

бурякового порошку 90:10 (Зразок 1) і 80:20 (Зразок 2). Усі інгредієнти, які використовувалися для приготування бісквітів, наведено в таблиці 1. Для приготування бісквітів спочатку змішували просіяне пшеничне борошно та буряковий порошок у різних пропорціях (10 та 20% мас./мас.), а сухе коров'яче молоко повністю заміняли сухим молоком А2, а курячі яйця повністю заміняли перепелиними.

Додавання до рецептури бісквітів сухого молока А2, перепелиних яєць та бурякового порошку призвело до значних змін у фізико-хімічному складі низько-глютенових бісквітів з буряком. Заміна звичайного коров'ячого молока на молоко А2, створює передумови для використання бісквітів у дієтичному харчуванні населення, оскільки  $\beta$ -казеїн А2 не має негативного впливу на травлення людини. Дані з таблиці 2 вказують, що найвищий відсоток вуглеводів, зареєстрований у Контрольного зразка – 38,3%, що на 3,5% рази вище ніж у Зразка 1 та на 7% ніж у Зразка 2. Вміст білка у Зразку 1 збільшився на 18% та у Зразку 2 на 35%, що пов'язано з заміною курячих яєчних продуктів на перепелині яйця, що містять більше білка, та порошку буряка у рецептурі бісквітів зі зменшеним вмістом глютену. Відзначалась тенденція до зменшення вмісту жиру у дослідних Зразках бісквіту 1 та 2 на 2,5% та 5% відповідно. Вміст харчових волокон збільшився від 140% для Зразку 1 та 280% для Зразку 2. Для зразку 2 вміст харчових волокон збільшився у порівнянні з Контролем в середньому в 3 рази. За загальним вмістом мікро- та макроелементів показники дослідних Зразків збільшились з 75% – Зразок 1 до 150% – Зразок 2. Значне збільшення біологічної цінності та наявності у складі бісквітів біологічно активних речовин (беталаїн), дозволяє віднести його до профілактичного та дієтичного харчування населення. Не відзначено значних змін по показнику вологості для Контрольного та Дослідних

зразків. Коливання вмісту вологості було в межах 1,5%, що значним чином не впливало на показники якості та органолептики бісквітів зі зменшеним вмістом глютену. Спостерігається значне збільшення біологічної цінності та зменшення вмісту жиру, незважаючи на підвищення вмісту вуглеводів, що здебільшого складаються з харчових волокон та натуральних цукрів (рис. 1).

Органолептична оцінка низько-глютенових бісквітів з буряком. Органолептичні показники для споживача на основі кольору, смаку, текстури, смаку та загальний вигляд зразків наведено рис. 2. Значення на рис. 2 наведені як середні, після дегустації десятима експертами. Також було відзначено, що Зразок 2 бісквіта, виготовлений з додаванням 20% бурякового порошку мав високі показники смаку, текстури та зовнішнього вигляду серед інших пропорцій бурякового порошку та у порівнянні з контролем. Зразок 2 мав натуральний червоний колір. Досліджено, що Зразок бісквіту 1, виготовлений із додаванням 10% порошку буряка, мав знижені показники текстури, смаку та кольору. Зразок 2 мав ненасичений червоний колір і мав нижчі показники розжовуваності. Додавання 20% бурякового порошку до рецептури, замість пшеничного борошна дозволяє в повній мірі використовувати його як харчовий барвник.

Аналіз профілю текстури проводився для визначення розжовуваності бісквіта збагаченого буряковим порошком, що наведено на рис. 3. Дослідження показали, що невелика кількість бурякового порошку в рецептурі та перепелині яйця впливають на його текстуру, і як результат розжовуваність Зразку 1 збільшилась на 5% а Зразку 2 на 11,4% у порівнянні з Контролем. Пружність та когезивність зразків 1 та 2 у незначній мірі збільшились (рис. 3).

На рис. 3 добре прослідковується динаміка зміни твердості та інших показників текстури. Так для Зразку 2

Таблиця 1

**Рецептура низько-глютенових бісквітів з буряком**

Інгредієнт рецептури, г	Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Пшенична борошно зі зменшеним вмістом білка	300	270	240
Порошок буряку	0	30	60
Цукор	150	150	150
Олія	170	170	170
Молочний порошок А2	75	75	75
Перепелині яйця	300	300	300
Розпушувач	5	5	5
Всього	1000	1000	1000

Таблиця 2

**Фізико-хімічний склад низько-глютенових бісквітів з буряком n=3,  $\alpha < 0,05$**

Фізико-хімічний склад, %	Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Волога	29,2	28,5	27,7
Білок	8,0	9,4	10,8
Жир	23,0	22,4	21,8
Вуглеводи:	38,3	37,0	35,7
харчові волокна	3,3	8,0	12,7
Зола	1,6	2,8	4,0
Енергетична цінність, ккал/100 г	391,9	387,1	382,3

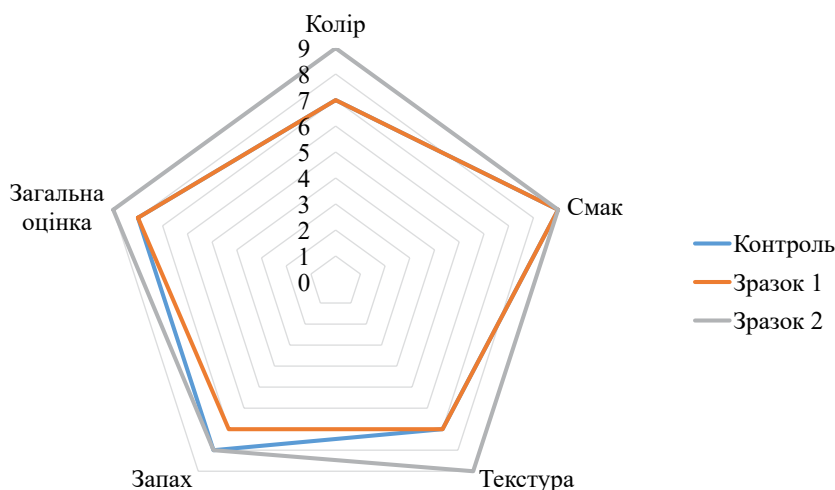


Рис. 2. Органолептична оцінка низько-глютенових бісквітів з буряком

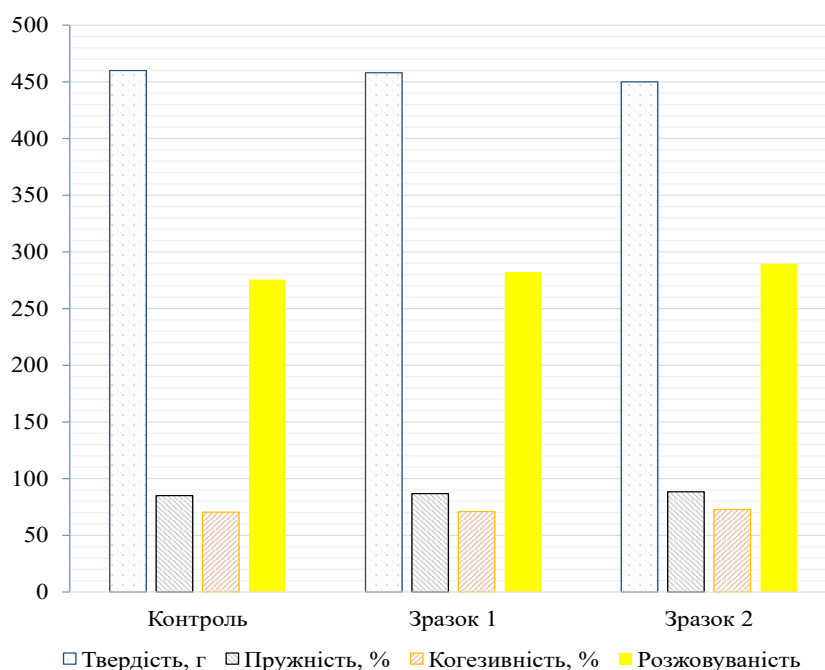


Рис. 3. Аналіз профілю текстури низько-глютенових бісквітів з буряком  $n=3$

вона була найменша, на 2% у порівнянні з Контрольним зразком. Разом з тим збільшуються пружність та когезивність, що пов'язано з меншим вмістом води у тісті для бісквітів для Зразків 1 та 2. Закономірні зміни текстури потребують більш глибоких досліджень.

#### Висновки

Досліджено фізико-хімічний склад сухого молока А2, яєць курячих та перепелиних, порошку буряка, пшеничного борошна, як основних інгредієнтів бісквітів зі знизеним вмістом глютену. Вміст жиру у порошок буряку у 2,5 рази менший ніж у пшеничному борошні. Часткова заміна пшеничного борошна на порошок буряка дозволить зменшити енергетичну цінність харчових виробів. Порошок буряка містить на 60% більше білка, у 2,4 рази більше золи та харчових волокон, ніж пшеничне

борошно. Буряковий порошок багате джерело харчових волокон і мінеральних речовин, можна використовувати у виробництві хлібобулочних і кондитерських виробів. Вміст білка, жиру, золи та клітковини в різних відсотках бурякового порошку збільшився зі збільшенням бурякового порошку.

Розроблено 2 зразки рецептури низько-глютенових бісквітів з використанням бурякового порошку. Досліджено вплив введення сухого молока А2, яєць курячих та перепелиних, порошку буряка на фізико-хімічний склад бісквітів зі знизеним вмістом глютену за показниками вмісту води, білка, жиру, вуглеводів, харчових волокон, золи та енергетичної цінності. За дослідженими показниками найкращим обраний Зразок 2 із додаванням 20% бурякового порошку. Зразок 2 мав майже на

20% менший вміст вуглеводів на 35% більший вміст білка та на 5% менший вміст жиру ніж у Контрольного зразка. Для зразку 2 вміст харчових волокон збільшився у порівнянні з Контролем в середньому в 3 рази. За загальним вмістом мікро- та макроелементів показники Зразку 2 збільшились у 1,5 рази порівняно з Контролем.

Оцінено органолептичні властивості кожної рецептурної композиції бісквітів зі зниженим вмістом глютену з порошком буряка та пастою мангольду визначеної в ході експерименту. Було відзначено, що Зразок 2 бісквіта, виготовлений з додаванням 20% бурякового порошку, мав кращі показники смаку, текстури та приємний, насичений червоний колір.

Досліджено текстуру бісквітів зі зниженим вмістом глютену з порошком буряка за показники твердості, пружності, когезивності (липкості) та розжовуваності. Дослідження показали, що невелика кількість бурякового порошку в рецептурі впливає на його текстуру, і як результат розжовуваність Зразку 1 зменшилась на 5% а Зразку 2 на 11,4% у порівнянні з Контролем. Пружність та когезивність зразків 1 та 2 у незначній мірі збільшились.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку безглютенових бісквітів з повною заміною пшеничного борошна на інші види борошна та сировини, що максимально збереже його якісні характеристики.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Adom E., Bir C., Lambert L.H. (2023). A financial comparison of small-scale quail and laying hen farm enterprises. *Poultry Science*, 102 (4), 102507. doi: 10.1016/j.psj.2023.102507
2. Amerine, M., Pangborn, R. and Roessler, E. (2013). Principles of sensory evaluation of food. New York: Academic Press.
3. Bender, D., Schonlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 91, 102904. doi: 10.1016/j.jcs.2019.102904
4. Cattaneo S., Masotti F., Stuknytė M., De Noni I. (2023). Impact of in vitro static digestion method on the release of  $\beta$ -casomorphin-7 from bovine milk and cheeses with A1 or A2  $\beta$ -casein phenotypes. *Food Chemistry*, 404, 134617. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.134617
5. Chandra, S., Singh, S., Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science & Technology*, 52, 3681-3688. doi: 10.1007/s13197-014-1427-2
6. Chavan, J.K., Kadam, S.S. (1993). Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(3), 189-226. doi: 10.1080/10408399309527620
7. De Angelis, M., Cassone, A., Rizzello, C. G., Gagliardi, F., Minervini, F., Calasso, M., et al. (2010). Mechanism of degradation of immunogenic gluten epitopes from *Triticum turgidum* L. var. Durum by sourdough lactobacilli and fungal proteases. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 508-518. doi:10.1128/AEM.01630-09
8. Dantas A., Kumar H., Prudencio E.S., de Avila L.B., Jr., Orellana-Palma P., Dosoky N.S., Nepovimova E., Kuča K., Cruz-Martins N., Verma R., Manickam S., Valko M., Kumar D. (2023). An approach on detection, quantification, technological properties, and trends market of A2 cow milk. *Food Research International*, 167, 112690. doi:10.1016/j.foodres.2023.112690
9. Dong J., Jiang W., Gao P., Yang T., Zhang W., Huangfu M., Zhang J., Che D. (2023). Comparison of betalain compounds in two *Beta vulgaris* var. *cicla* and *BvCYP76AD27* function identification in betalain biosynthesis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 199, 107711. doi:10.1016/j.plaphy.2023.107711
10. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C.H., Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterization, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421. doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.077
11. Gao D., Helikh A., Duan Z. (2021). Functional properties of four kinds of oilseed protein isolates. *Journal of Chemistry and Technologies*, 29 (1), 155-163. doi:10.15421/082116
12. Gao D., Helikh A., Duan Z., Liu Y., Shang F. (2022). Study on application of pumpkin seed protein isolate in sausage production process. *Technology Audit and Production Reserves*, 2/3(64), 31-35. doi:10.15587/2706-5448.2022.255785
13. Gao D., Helikh A., Filon A., Duan Z., Vasylenko O. (2022). Effect of Ph-shifting treatment on the gel properties of pumpkin seed protein isolate. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(2), 198-204. doi:10.15421/jchemtech.v30i2.241145
14. Gao D., Helikh A., Duan Z., Shang F., Liu Y. (2022). Development of pumpkin seed meal biscuits. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11), 36-42. doi:10.15587/1729-4061.2022.254940
15. Helikh, A., Gao, D., Duan, Z. (2020). Optimization of ultrasound-assisted alkaline extraction of pumpkin seed meal protein isolate by response surface methodology. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 31(70), 100-104. doi:10.32838/2663-5941/2020.2-2/17
16. Huppertz, T., Fox, P. F., & Kelly, A. L. (2018). The caseins: Structure, stability, and functionality. In R. Y. Yada (Ed.), *Proteins in food processing* (2nd ed., pp. 49–92). Woodhead Publishing. doi:10.1016/B978-0-08-100722-8.00004-8
17. Kamiński S., Zabołewicz T., Oleński K., Babuchowski A. (2023). Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 32 (2), 205-210. doi:10.22358/jafs/157531/2023
18. Kumar R., Oruna-Concha M.J., Methven L., Niranjana K. (2023). Modelling extraction kinetics of betalains from freeze dried beetroot powder into aqueous ethanol solutions. *Journal of Food Engineering*, 339, 111266. doi:10.1016/j.jfoodeng.2022.111266
19. Le Loan, T. K., Thuy, N. M., Le Tri, Q., & Sunghoon, P. (2021). Characterization of gluten-free rice bread prepared using a combination of potato tuber and ramie leaf enzymes. *Food Science and Biotechnology*, 30, 521-529. doi:10.1007/s10068-021-00891-2
20. Luick M., Pechey R., Harmer G., Bandy L., Jebb S.A., Piernas C. (2023). The impact of price promotions on confectionery and snacks on the energy content of shopping baskets: A randomised controlled trial in an experimental online supermarket. *Appetite*, 186, 106539. doi:10.1016/j.appet.2023.106539

21. Martínez-Villaluenga, C., Pen˜as, E., & Hern˜andez-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178. doi:10.1016/j.fct.2020.111178
22. Meng Y., Zhou Y., Li H., Chen Y., Dominik G., Dong J., Tang Y., Saavedra J.M., Liu J. (2023). Effectiveness of Growing-Up Milk Containing Only A2  $\beta$ -Casein on Digestive Comfort in Toddlers: A Randomized Controlled Trial in China. *Nutrients*, 15 (6), 1313. DOI: 10.3390/nu15061313
23. Moreira C.A., Zotarelli M.F., de Lima M. (2023). Characterization of quail egg powders obtained by liquid egg drying and foam-mat drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103 (4), 1810-1820. doi:10.1002/jsfa.12406
24. Mussayeva G.K., Meldebekov A.M., Meldebekova N.A., Shaykamal G.I., Buralkhiyev B.A., Rametov N.M., Zhumanov K. (2023). Dairy Productivity of Holstein Cows of Different Genetic Lines in the Conditions of Kostanay Region of Kazakhstan. *Pakistan Journal of Zoology*, 55 (3), 1257-1265. doi:10.17582/journal.pjz/20210818080851
25. ˆOzbilgin A., Kara K. (2023). Effect of adding lavender oil to laying quail diets on performance, egg quality, oxidative status, and fatty acid profile. *Tropical Animal Health and Production*, 55 (3), 173. doi:10.1007/s11250-023-03596-2
26. Prymenko V.H., Sefikhanova K.A., Helikh A.O., Golovko M.P., Vasylenko O.O. (2022). Choice justification of dairy raw materials according to indicators of their structure for obtaining selenium-protein dietary supplements. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30 (1), 79-87. doi:10.15421/jchemtech.v30i1.241139
27. Reski S., Rusli R.K., Montesqrit, Mahata M.E. (2023). The Effect of Using Fermentation Products *Turbinaria murayana* Seaweed in Rations on the Quality of Quail Eggs (*Coturnix coturnix japonica*). *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 11 (3), pp. 453-458. doi:10.17582/journal.aavs/2023/11.3.453.458
28. Roman, L., Belorio, M., Gomez, M. (2019). Gluten-free breads: The gap between research and commercial reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 690-702. doi:10.1111/1541-4337.12437
29. Sanjayaranj I., Lopez-Villalobos N., Blair H.T., Janssen P.W.M., Holroyd S.E., MacGibbon A.K.H. (2023). A Study of Milk Composition and Coagulation Properties of Holstein-Friesian, Jersey, and Their Cross Milked Once or Twice a Day. *Dairy*, 4(1), 167-179. doi:10.3390/dairy4010012
30. Sefikhanova K., Prymenko V., Helikh A. (2020). Modeling of the receptor composition protein-carbon semi-fabricates. *Restaurant and hotel consulting. Innovations*, 3 (1), 25-36. doi:10.31866/2616-7468.3.1.2020.205562
31. Shofinita D., Fawwaz M., Achmadi A.B. (2023). Betalain extracts: Drying techniques, encapsulation, and application in food industry. *Food Frontiers*. doi:10.1002/fft2.227
32. Srivastava, S., Singh, K. (2018). Nutritional Differences found in two values added baked products of beetroot (*Beta vulgaris*). *International Journal of Science, Engineering and Management*, 3 (4), 209-212. [https://www technoarete.org/common\\_abstract/pdf/IJSEM/v5/i4/Ext\\_61730.pdf](https://www technoarete.org/common_abstract/pdf/IJSEM/v5/i4/Ext_61730.pdf)
33. William Horwitz, George W. Latimer, Association of Official Analytical Chemists International. (2006). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International. ISBN 0-935584-77-3.

**Bordunova O. G.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Samokhina Ye. A.**, Ph.D, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Vasylenko O. O.**, Ph.D, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Holovko T. M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

**Bolhova N. V.**, Ph.D, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Prymenko V. G.**, Ph.D, Associate Professor, Dnipro Faculty of Management and Business of Kyiv University of Culture, Dnipro, Ukraine

**Kovalenko A. I.**, Master Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **A2 milk powder in the technology of low-gluten sponge cake with beets**

A2 milk powder from Holstein cows, which is an alternative to regular cow's milk for dietary nutrition, is obtained for use in a low-gluten biscuit recipe with beetroot powder and quail eggs. In the A2 protein, there is a proline in the amino acid chain at position 67, which does not form the beta-casomorphin-7 peptide during protein digestion, in contrast to the A1 protein, which impairs human digestion. Beetroot (*Beta vulgaris* L.) is a source of biologically active substances that improve the antioxidant properties of food products, such as biscuit. Wheat flour containing gluten was partially replaced with beetroot powder in different proportions (10 and 20% w/w). Chicken eggs, which are allergens, are completely replaced by dietary quail eggs, which have a balanced nutritional composition. Ordinary cow's milk is completely replaced by A2 milk powder. The new recipe reduces the amount of gluten and allergens, removes  $\beta$ -casein A1 and chicken eggs from the biscuit recipe, and also allows to increase the content of biologically active substances (betalain), fiber and ash. The best recipe was determined by studying the physico-chemical composition and organoleptic properties of a biscuit with reduced gluten content with A2 milk powder, quail eggs and beetroot powder. The obtained results made it possible to establish that the replacement of ordinary cow's milk with dry A2 milk, the replacement of chicken eggs with quail eggs and the addition of 20% beetroot powder to the biscuit recipe (sample 2) significantly improved the nutritional value, the fat content decreased by 5%, and the protein content increased by 35%. The biological value of Sample 2 compared to the Control increased significantly, as evidenced by an increase in dietary fiber content by 284% and ash content by 153%. The addition of 20% beet powder gave the biscuits a pleasant red color and improved the organoleptic color index, which confirms the effectiveness of its use as a food coloring. Organoleptic indicators improved, which positively affected the main textural index of chewiness, which increased by 11.4%. Biscuits with reduced gluten content with A2 milk powder, quail eggs and dried beetroot, due to the high indicators of nutritional and biological value and the presence of biologically active substances (betalain) in the biscuits, are suitable for everyday and diet food.

**Key words:** A2 milk powder, quail eggs, vegetables, dried beetroot, confectionery, betalain, food coloring, bioactive compounds, quality characteristics.