

Hrynchenko Natalia., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, tatagrin1201@gmail.com.

Янчева Марина Олександрівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології м'яса Державного біотехнологічного університету, ya.marinal1@gmail.com.

Yancheva Maryna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, ya.marinal1@gmail.com.

Крилов Владислав Олександрович, магістр зі спеціальності «Харчові технології» (ОПП «Технології харчових продуктів тваринного походження») Державного біотехнологічного університету, vianastasia23@gmail.com.

Krylov Vladislav, Master in Food Technology (Specialized Program «Technology of Food Products of Animal Origin»), State Biotechnological University, vianastasia23@gmail.com.

УДК 664.68

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-37-1-76>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАТОНЧИКІВ НА ОСНОВІ ДІЄТИЧНОЇ ЗАЛІЗОВМІСНОЇ ДОБАВКИ

І.В. Цихановська, В.В. Євлаш, Т.А. Лазарсва, А.А. Гладкоскок

Висвітлено актуальність використання дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження для розроблення енергетичних батончиків з антианемічними властивостями. Досліджено вплив добавки на фізико-хімічні, сенсорні та мікробіологічні характеристики батончиків. Установлено оптимальний вміст добавки (3%), що сприяє підвищенню харчової цінності, покращенню текстури та стабільності продукту під час зберігання. Отримані дані підтверджують доцільність використання розроблених батончиків для профілактики залізодефіцитної анемії.

Ключові слова: енергетичні батончики, антианемічні властивості, дієтична добавка, фізико-хімічні характеристики, сенсорний аналіз, мікробіологічні показники.

STUDY OF QUALITY INDICATORS OF ENERGY BARS BASED ON DIETARY IRON SUPPLEMENT

I. Tsykhanovska, V. Evlash, T. Lazarieva, A. Gladkoskok

The article highlights the relevance of using a dietary iron-containing supplement based on heme iron for the development of energy bars with anti-anemic properties. The objective, object, and subject of the study are defined. The results of research on the physicochemical and functional-technological properties of raw materials used for the production of energy bars with anti-anemic properties are presented.

Rational concentrations of formulation components have been established, and a production technology for energy bars based on a dietary iron-containing supplement has been developed. The chemical composition of the developed energy bars was investigated. The obtained results indicate that the developed energy bars surpass control samples in the content of most nutrients. In particular, the iron content increases by 1.27–1.29 times, other micro- and macroelements by $1.52 \pm 0.75\%$, vitamins by $1.36 \pm 0.41\%$, proteins by 1.16–1.18 times, and ash content, indicating a balanced nutrient composition of the final product.

Microbiological studies confirm that the experimental samples comply with regulatory standards during 75 days of storage. It has been proven that the optimal content of the dietary iron-containing supplement at a level of 3.0% of the formulation mixture ensures high nutritional value, stability of physicochemical properties, and compliance with sanitary and microbiological standards. The addition of 3.0% of the iron-containing supplement reduces the risk of microbial contamination due to its antibacterial properties.

Keywords: energy bars, anti-anaemic properties, dietary supplement, physicochemical characteristics, sensory analysis, microbiological parameters.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний ринок харчової продукції демонструє зростаючий попит на натуральні, безпечні та функціональні продукти, здатні забезпечити організм енергією, поживними й біологічно активними речовинами. Споживачі все частіше надають перевагу продуктам із натуральними інгредієнтами, уникаючи штучних консервантів, барвників та добавок.

Енергетичні батончики є популярними багатокомпонентними харчовими продуктами завдяки їх зручності, високій енергетичній цінності. Вони задовольняють потреби сучасного споживача, особливо в умовах активного способу життя та популярності тренду на здорове харчування. Водночас аналіз наукових джерел свідчить, що процес створення енергетичних батончиків із антианемічними властивостями та дослідження їхніх показників якості є недостатньо вивченими та розробленими.

Анемія, як одне з найпоширеніших захворювань, викликане дефіцитом заліза, потребує розроблення продуктів, які б ефективно

задовольняли потребу організму в цьому важливому мікроелементі. Використання дієтичних добавок на основі гемового заліза в рецептурах енергетичних батончиків є перспективним напрямом. Такі продукти можуть не лише підвищувати загальний рівень здоров'я, але й бути важливим елементом профілактики дефіциту заліза.

Враховуючи це, дослідження показників якості енергетичних батончиків антианемічного спрямування є актуальним. Розробка та вдосконалення технологій їх виробництва повинні враховувати сучасні вимоги до функціональності, харчової безпеки та відповідати очікуванням споживачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головним трендом у сучасному харчовому виробництві є створення якісної, безпечної та натуральної продукції підвищеної біологічної цінності. Харчові вироби повинні забезпечувати організм необхідною енергією, поживними речовинами та біологічно активними компонентами, зокрема повноцінними білками, есенціальними аміно- та жирними кислотами, вітамінами і мінералами [1]. Особливу популярність серед таких продуктів отримали енергетичні батончики, які демонструють корисний вплив на здоров'я людини завдяки відсутності пестицидів і залишків добрив, часто присутніх у традиційних харчових продуктах [2].

За даними досліджень [3], енергетичні батончики є багатокомпонентними харчовими системами з високою енергетичною, біологічною та харчовою цінністю. Їхня популярність обумовлена компактністю, зручністю споживання та збалансованим складом нутрієнтів [3]. Вони поділяються на різні типи залежно від складу: вуглеводневі, білкові, зернові, фруктові та шоколадні. Основні функціональні компоненти, такі як вуглеводи, білки, есенціальні жирні кислоти та вітаміни, виконують важливу роль у підтримці роботи м'язів, мозку, серцево-судинної системи та забезпечують антиоксидантний захист [4].

Окремий напрям досліджень присвячено збагаченню батончиків функціональними інгредієнтами. Так, у роботах [5–7] розглянуто використання соєвих продуктів, борошна з бананової шкірки, клітковини з фруктів, бобових і концентратів рибного білка. Ці інгредієнти підвищують харчову цінність, функціональні властивості та біологічну активність готових виробів. Склад енергетичних батончиків також збагачується біоактивними сполуками, натуральними барвниками та поліпшувачами смаку [8].

Особливу увагу приділено розробкам, спрямованим на боротьбу з дефіцитом заліза в організмі [9, 10]. Проведені дослідження показали, що збагачення продуктів залізовмісними добавками є ефективним у контексті підвищення мікроелементного статусу населення, особливо в

умовах пандемії COVID-19 та війни. Дієтична залізовмісна добавка на основі гемового заліза забезпечує організм людини залізом у легкозасвоюваній формі, що сприяє покращенню функціональних і технологічних властивостей харчових виробів [11, 12].

Аналіз технологій енергетичних батончиків з антианемічними властивостями показав, що інформація про застосування дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження для їх виробництва є обмеженою та несистематизованою.

Таким чином, розроблення науково обґрунтованої технології та дослідження показників якості енергетичних батончиків із антианемічними властивостями на основі дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження є актуальними.

Мета статті – дослідження показників якості енергетичних батончиків із антианемічними властивостями, що містять дієтичну залізовмісну добавку на основі гемового заліза. Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

– вивчити основні фізико-хімічні показники якості сировини, що використані для виробництва енергетичних батончиків з антианемічними властивостями;

– дослідити вплив дієтичної залізовмісної добавки на основі гемового заліза на технологічні аспекти виробництва енергетичних батончиків з антианемічними властивостями;

– встановити вплив дієтичної залізовмісної добавки на основі гемового заліза на основні показники якості енергетичних батончиків.

Матеріали та методи. У процесі виготовлення енергетичних батончиків як основні інгредієнти були використані: мигдаль солодкий (13,4–13,6%), вівсяні пластівці (26,0–28,0%), насіння білого льону (3,4–3,8%), насіння соняшника (3,4–3,8%), насіння чіа (3,4–3,8%), мед натуральний (13,5–15,5%), горіхова паста (9,2–11,2%), родзинки сушені (9,2–11,2%), вишні сушені (9,2–11,2%) та журавлина сушена (9,2–11,2%).

Дієтичну добавку заліза включали до складу суміші без зміни кількісного співвідношення інших компонентів. Її вміст становив 1,0% і 3,0% від загальної маси сировини, тобто відповідно 5,5 г та 16,5 г на 550,0 г суміші, що дорівнює 5,5 мг і 16,5 мг гемового заліза.

Інгредієнти були обрані завдяки своїм поживним властивостям та здатності забезпечувати організм важливими біологічно активними речовинами, такими як омега-3 жирні кислоти, антиоксиданти, вітаміни та мінерали.

Сенсорний аналіз дослідних зразків енергетичних батончиків проводили відповідно методики, наведеної в [3, 4]. Дегустаційна комісія зі 15 досвідчених дегустаторів, що мали досвід сенсорного аналізу

різних харчових продуктів понад 2 років, на основі гедонічної шкали визначала такі показники: колір: 3 – тах бал, коефіцієнт вагомості – 0,3; запах: 1 – тах бал, коефіцієнт вагомості – 0,1; смак 1 – тах бал, коефіцієнт вагомості – 0,1; поверхня 1 – тах бал, коефіцієнт вагомості – 0,1; текстура 1 – тах бал, коефіцієнт вагомості – 0,1; консистенція 3 – тах бал, коефіцієнт вагомості – 0,3. Загальний бал – 10, коефіцієнт вагомості – 1,0, при цьому: 9,5–10,0 – відмінно; 9,4–9,0 – дуже добре; 8,5–8,9 – добре; 8,0–8,4 – задовільно; менше 8,4 – незадовільно. Розмір зразків був 3–4 г для кожного дослідного батончика. Перед кожним наступним тестуванням пропонувалася питна вода для полоскання рота.

Вміст вологи визначали гравіметричним методом; активність води вимірювали на Aqualab 4TE; колір визначали на колориметрі CR-600d D65; текстуру оцінювали на аналізаторі текстури TA.HDplusC Texture Analyser; масову частку жиру – на твердорідинному екстракторі SOX THERM SOX414a; жирнокислотний склад – методом газової хроматографії – мас-спектрометрії (GC-MS); амінокислотний склад – методом рідинної хроматографії (Dionex ICS-3000); масову частку білка – з використанням системи кількісної ідентифікації N2/білка DKL8; масову частку клітковини – на установці FIBRE THERM FT12; органічні кислоти – на рідинному хроматографі системи VERX (LC-20AD); вітаміни – на рідинному хроматографі Agilent 1100; мінерали – на мас-спектрометрі Agilent 7500 S.

Для проведення мікробіологічних досліджень використовували такі поживні середовища: поживний агар – для загального підрахунку кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ); картопляно-декстрозний агар – для дріжджів і плісняви; агар *Salmonella-Shigella* – для виявлення *Salmonella spp.*; агар Ендо — для виявлення *Escherichia coli*; середовище Кесслера – для виявлення колі-титру.

Мікробіологічні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методів контролю безпеки харчових продуктів [15–17].

Статистичний аналіз. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою програм Statistica 6.0, Microsoft Excel 2007 та Mathcad. Результати подані як середнє значення \pm стандартне відхилення для трьох вимірювань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проаналізовано нутрієнтний склад сировини, що входить до рецептури багатокомпонентних енергетичних батончиків із антианемічною дією, а також досліджено готовий продукт. Вивчено вплив дієтичної залізовмісної добавки на харчову та біологічну цінність виробу. Оцінено органолептичні

властивості, фізико-хімічні характеристики, структурно-механічні параметри та мікробіологічну безпеку готових батончиків.

Особливу увагу приділено додаванню дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД), яка виготовляється з харчової крові тваринного походження і є носієм гемового заліза в легкозасвоюваній відновленій формі (Fe²⁺) (ТУ У 10.8-2257917723-001:2014). Ця добавка має низку корисних властивостей: вона містить 75 г білка, 25 г вуглеводів, 6 г жирів, а також важливі вітаміни (А, Е, С, В1, В2, В3, В6, В9, В12) та мінерали (Са, К, Na, Р, Mg, Fe, Cu, Se, Zn, Mn, I). Оскільки дієтична залізовмісна добавка є вискодисперсним порошком без запаху, її використання в рецептурі енергетичних батончиків дозволяє забезпечити організм гемовим залізом у відновленій формі, що є важливим для попередження та лікування залізодефіцитних станів.

Досліджувалися зразки, в яких дієтична залізовмісна добавка додавалася до рецептурної суміші у кількості 1,0% і 3,0%, що відповідно становить 5,5 г та 16,5 г на 550 г готового продукту або 5,5 мг та 16,5 мг гемового заліза. Оскільки дієтична залізовмісна добавка здатна змінювати колір продукту, її вміст понад 3,0% може погіршити зовнішній вигляд кінцевого продукту та додати йому неприємний присмак. Тому, зразки із вмістом дієтичної залізовмісної добавки більше 3% у дослідженнях не розглядалися.

Експериментальні зразки енергетичних батончиків виготовляли відповідно до рецептур, наведених в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептури експериментальних зразків енергетичних батончиків

Найменування сировини	Маса нетто, г		
	Контроль – без добавки	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
Насіння мигдалю	74,25±0,55	74,25±0,55	74,25±0,55
Вівсяні пластівці	148,50±5,50	148,50±5,50	148,50±5,50
Насіння білого льону	19,80±1,10	19,80±1,10	19,80±1,10
Насіння соняшника	19,80±1,10	19,80±1,10	19,80±1,10
Насіння chia	19,80±1,10	19,80±1,10	19,80±1,10
Мед натуральний	79,75±5,50	79,75±5,50	79,75±5,50
Горіхова паста	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Родзинки сушені	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Вишні сушені	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Журавлина сушена	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Дієтична залізовмісна добавка, (ГМ=1:1)	–	5,50±0,02	16,50±0,02
Вихід готового продукту	586,30 ±36,30	591,80±36,32	602,80±36,32

Технологічний процес виробництва енергетичних батончиків з антианемічними властивостями на основі дієтичної залізовмісної добавки складається з таких підсистем (рис. 1): А – «Утворення енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки»; В1 – «Утворення напівфабрикату «Напівфабрикат фруктово-насіннева суміш»; В2 – «Утворення напівфабрикату «Напівфабрикат медово-горіхова суміш»; В3 – «Утворення напівфабрикату «Напівфабрикат дієтична залізовмісна добавка гідратована».

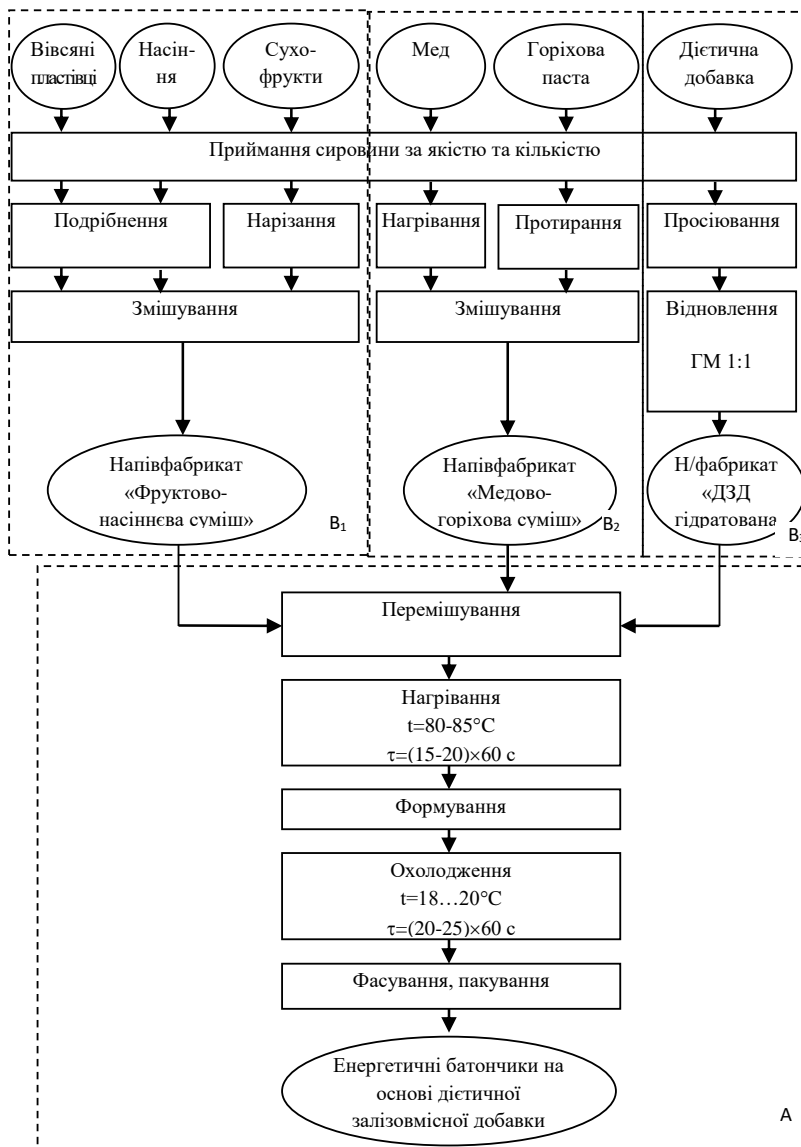


Рис. 1. Принципова схема виробництва енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки

Згідно з рис. 1 вівсяні пластівці подрібнюють; насіння мигдалю, білого льону, соняшника та чіа перебирають, очищують від механічних домішок, подрібнюють; сухофрукти (родзинки, вишню, журавлину) миють, висушують й нарізають дрібними шматочками; мед нагрівають до температури $t=45-50^{\circ}\text{C}$ та змішують із горіховою пастою; дієтичну залізовмісну добавку (ДЗД) просіюють, змішують з водою ГМ=1:1 та витримують для набрякання при температурі $t=15-18^{\circ}\text{C}$ впродовж $\tau=(35-40)\times 60$ с; з'єднують підготовлені компоненти та ретельно перемішують протягом $\tau=(5-10)\times 60$ с; суміш нагрівають до температури $t=80-85^{\circ}\text{C}$, протягом $\tau=(15-20)\times 60$ с; формують батончики шляхом виливання маси у форму, охолоджують та витримують для загусання при температурі $t=18\dots 20^{\circ}\text{C}$ впродовж $\tau=(20-25)\times 60$ с [12].

Розроблені енергетичні батончики на основі дієтичної залізовмісної добавки є нетрадиційними новими продуктами. Тому досліджували їх харчову та біологічну цінність, проводили сенсорний аналіз та встановлювали органолептичні й функціонально-технологічні властивості.

Результати сенсорного аналізу дослідних зразків представлено у таблиці 2.

Таблиця 2

Сенсорний аналіз дослідних зразків енергетичних батончиків

Найменування показників	Характеристика		
	Контроль	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
1	2	3	4
Структура	Дрібно-кристалічна рівномірна маса, із ледь відчутними дрібними твердими часточками компонентів	Дрібнокристалічна, з рівномірним розподілом компонентів по всій масі	Дрібно-кристалічна, з рівномірним розподілом компонентів по всій масі
Консистенція	Напівтверда, але не щільна, із незначною тягучістю	Напівтверда, із рівномірною щільністю	Напівтверда, із рівномірною щільністю

Продовження табл. 2

1	2	3	4
Смак	Приємний, із вираженим присмаком сухофруктів	Приємний, із вираженим присмаком сухофруктів	Приємний, із вираженим присмаком сухофруктів
Запах	Приємний, із вираженим ароматом сухофруктів	Приємний, із вираженим ароматом сухофруктів	Приємний, із вираженим ароматом сухофруктів
Колір	Коричневий, однорідний у масі	Коричневий, однорідний у масі	Коричневий, однорідний у масі
Поверхня	Нелипка, однорідна маса з дрібними, одиничними тріщинами	Нелипка, однорідна маса без тріщин	Нелипка, однорідна маса без тріщин

Дані, представлені в табл. 2, свідчать, що додавання 1,0% та 3,0% дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД) до рецептурної суміші енергетичних батончиків позитивно впливає на їх сенсорні характеристики. Поверхня, смак, запах і колір залишаються наближеними до контрольного зразка, тоді як структура, поверхня та консистенція продукту покращуються порівняно з контролем.

Зважаючи на те, що введення 3,0% ДЗД (16,5 мг гемового заліза на 550,0 г продукту) практично задовольняє добову потребу організму в залізі (середньодобова потреба становить 15–17 мг заліза), найбільш доцільними є батончики з додаванням 3,0% ДЗД до маси рецептурної суміші.

Результати дослідження хімічного складу розроблених енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки порівняно з контрольним представлено у таблиці 3.

Застосування 3,0% ДЗД сприяє покращенню білково-вуглеводного та мінерально-вітамінного складу енергетичних батончиків порівняно з контрольним зразком.

Так, у зразку 2 (з 3,0% ДЗД) вміст води зменшився ($8,43 \pm 0,04$ г/100 г) порівняно з контролем ($9,56 \pm 0,08$ г/100 г), що може свідчити про більш високий рівень сухих речовин в ньому. Вміст білків у зразку 2 вищий ($11,28 \pm 0,31$ г/100 г) за рахунок використання дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження.

Це свідчить про покращення білкової складової в енергетичних батончиках порівняно з контролем ($9,61 \pm 0,28$ г/100 г). Також

спостерігається збільшення вмісту цукрів у зразку 2 ($70,62 \pm 1,07$ г/100 г), порівняно з контролем ($68,22 \pm 1,06$ г/100 г). Вміст жирів, клітковини та органічних кислот у зразку 2 майже не змінюється у порівнянні з контролем, що свідчить про стабільність цих компонентів. У цьому зразку вміст золи вищий ($2,96 \pm 0,06$ г/100 г), що свідчить про більшу мінералізацію в порівнянні з контролем ($2,14 \pm 0,05$ г/100 г). Ці зміни зумовлені багатим хімічним складом дієтичної залізозмісної добавки [11–13].

Таблиця 3

Аналіз хімічного складу зразків енергетичних батончиків, $\alpha \leq 0,05$

Нутрієнти	Дослідні зразки енергетичних батончиків	
	Контроль	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
Вода	$9,56 \pm 0,08$	$8,43 \pm 0,04$
Білки	$9,61 \pm 0,28$	$11,28 \pm 0,31$
Жири	$8,30 \pm 0,24$	$8,58 \pm 0,24$
Цукри	$68,22 \pm 1,06$	$70,62 \pm 1,07$
Клітковина	$3,97 \pm 0,09$	$3,97 \pm 0,09$
Органічні кислоти	$0,42 \pm 0,01$	$0,46 \pm 0,01$
Зола	$2,14 \pm 0,05$	$2,96 \pm 0,06$
Енергетична цінність, ккал/100 г	$401,90 \pm 0,01$	$420,70 \pm 0,01$
Мінеральні речовини, мг/100 г сухої речовини		
Na	$55,04 \pm 1,68$	$56,26 \pm 1,71$
K	$465,0 \pm 13,0$	$468,0 \pm 13,0$
Ca	$86,12 \pm 2,18$	$87,65 \pm 2,16$
Mg	$99,14 \pm 2,34$	$101,34 \pm 2,42$
P	$191,08 \pm 3,73$	$191,66 \pm 3,74$
I	$0,009 \pm 0,0$	$0,012 \pm 0,0$
Fe	$59,08 \pm 1,69$	$75,78 \pm 1,89$
Водо- та жиророзчинні вітаміни, мг/100 г сухої речовини		
A	$2,92 \pm 0,06$	$2,96 \pm 0,07$
E	$1,51 \pm 0,04$	$1,54 \pm 0,04$
C	$0,82 \pm 0,02$	$0,85 \pm 0,02$
B ₁	$0,41 \pm 0,01$	$0,44 \pm 0,01$
B ₂	$0,31 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,01$
B ₃ (PP)	$0,62 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,02$
B ₆	$1,60 \pm 0,04$	$1,64 \pm 0,04$
B ₉	$0,52 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,01$
B ₁₂	$0,82 \pm 0,02$	$0,85 \pm 0,02$

Таким чином, експериментальний зразок 2, що містить 3,0% ДЗД, має вищі значення білків, цукрів, золи, заліза та йоду порівняно з контролем, що може вказувати на підвищену харчову цінність, зокрема щодо мінералів та вітамінів. Однак, зразок 2 також має вищий вміст води, що може впливати на консистенцію та термін зберігання продукту.

Отримані результати хімічного складу експериментальних зразків енергетичних батончиків підтверджують можливість їх застосування при анемії у лікувально-профілактичному харчуванні.

Досліджено фізико-хімічні характеристики зразків енергетичних батончиків. Результати, наведені у таблиці 4, демонструють, що додавання до рецептури енергетичних батончиків 1,0% і 3,0% дієтичної залізовмісної добавки коричневого кольору порівняно з контрольним зразком призводить до зменшення показника освітлення (L^*) у 1,11 і 1,28 рази відповідно. Водночас спостерігається суттєве зростання ступеня почервоніння (показник a^*) – у 6,78 та 8,56 рази, а також ступеня жовтизни (показник b^*) – у 2,14 та 3,16 рази відповідно.

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники зразків енергетичних батончиків, $\alpha \leq 0,05$

Найменування показників	Характеристики		
	Контроль	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
L^*	74,93±0,82	67,55±0,51	58,46±0,42
a^*	0,68±0,02	4,61±0,12	5,82±0,14
b^*	17,58±0,12	37,68±0,21	55,52±0,36
ΔE	0,00	23,45±0,51	29,82±0,57
M, %	9,56±0,04	8,39±0,03	8,43±0,03
a_w	0,476±0,002	0,416±0,001	0,419±0,001

Зміни кольору зразків можна пояснити високим вмістом гемоглобіну й міоглобіну (червоного кольору) та білірубину (жовтого пігменту) у дієтичній залізовмісній добавці (ДЗД), яка виготовляється з продуктів харчової крові [3, 11 - 13]. Значення «кольорової різниці» (ΔE) у зразках з ДЗД перевищувало 7,0, що свідчить про помітну для людського ока зміну кольору. Найбільш виражені зміни спостерігалися у зразку з додаванням 3,0% ДЗД.

Дослідження показало, що введення 1,0% і 3,0% ДЗД знижує вологовміст (M%) приблизно у 1,13 рази порівняно з контрольним зразком, що пов'язано з гідратаційними властивостями білково-вуглеводного комплексу високодисперсного порошку ДЗД. Це також

вплинуло на активність води (a_w), яка в дослідних зразках була нижчою в 1,14 рази. Подібні результати щодо зменшення $M\%$ і a_w у кондитерських виробках із додаванням високодисперсних харчових добавок відзначали інші дослідники [3, 14].

Зменшення вмісту й активності води призводить до змін у текстурі продукту: вироби стають твердішими та більш хрусткими, що покращує їхні споживчі властивості. Враховуючи вплив ДЗД на властивості енергетичних батончиків, оптимальною масовою часткою добавки є 3,0% від загальної маси рецептурної суміші. Цей рівень ДЗД не спричиняє небажаних змін у текстурі готового продукту (табл. 5).

Дані таблиці 5 свідчать про зміни текстурних характеристик енергетичних батончиків залежно від вмісту дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД). Показники були проаналізовані при рівні значущості $\alpha \leq 0,05$. Введення до рецептури дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД) у концентраціях 1,0% та 3,0% позитивно впливає на текстурні характеристики енергетичних батончиків. Спостерігається підвищення твердості, когезійності, розжовуваності та пружності, що покращує органолептичні властивості продукту. Зменшення еластичності може бути компенсоване завдяки підвищенню пружності.

Таблиця 5

Аналіз профілю текстури зразків енергетичних батончиків, $\alpha \leq 0,05$

Найменування показників	Характеристики		
	Контроль	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
Твердість, г	792,3±2,1	836,5±2,2	843,8±2,2
Адгезивність, г/с	-86,42±0,33	-88,03±0,33	-88,81±0,33
Когезійність, г	0,242±0,001	0,249±0,001	0,255±0,001
Еластичність, г	0,482±0,012	0,473±0,012	0,462±0,012
Розжовування, %	74,26±1,13	76,12±1,13	76,88±1,13
Пружність, г	0,052±0,001	0,060±0,001	0,064±0,001

Враховуючи результати досліджень, можна стверджувати, що найбільш раціональним у складі енергетичних батончиків є використання 3,0% ДЗД, оскільки цей рівень забезпечує оптимальні споживчі властивості, зберігаючи гармонійний профіль текстури готового продукту.

Результати дослідження мікробіологічних показників дослідних зразків енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки відразу після виготовлення та після зберігання протягом регламентованого терміну зберігання (75 діб при відносній вологості повітря $\phi=(75\pm 2)\%$) представлено у таблиці 6.

Таблиця 6

Аналіз мікробіологічних показників зразків батончиків, $\alpha \leq 0,05$

Найменування показника	Норматив*	Дослідні зразки енергетичних батончиків	
		Контроль	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
КМАФАнМ, КУО/г, відразу / через 75 діб	не більше $1,0 \times 10^3$	не виявлено / $2,0 \times 10^2$	не виявлено / $1,0 \times 10^2$
Дріжджі, КУО/г, відразу / через 75 діб	не більше 50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 4,0
БГКП (коліформи), відразу / через 75 діб	не доз. в 0,1 г	не виявлено	не виявлено
Патогенні м/о, у тому числі бактерії роду Salmonella, відразу / через 75 діб	не доз. в 25,0 г	не виявлено	не виявлено
Плісняві гриби КУО/г, відразу / через 75 діб	не більше 50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 3,0

* Норми встановлені ISO 16140:2016 «Microbiology of the food chain» та European Food Safety Authority, 2021.

Мікробіологічні показники контрольного зразка та зразка 2 з додаванням 3,0% ДЗД відповідають встановленим нормативам. Додавання ДЗД сприяє зменшенню рівня мікробіологічного забруднення (дріжджі, плісняві гриби, КМАФАнМ) у порівнянні з контрольним зразком після 75 діб зберігання. Це свідчить про можливу антимікробну дію добавки, яка забезпечує покращення мікробіологічної стабільності продукту.

Таким чином, використання 3,0% ДЗД є доцільним для забезпечення безпеки та стабільності енергетичних батончиків під час зберігання.

Висновки. Отримані результати досліджень дозволяють стверджувати, що додавання 1,0–3,0% дієтичної залізовмісної добавки позитивно впливає на харчову та біологічну цінність енергетичних батончиків антианемічного спрямування. Зокрема, збільшується вміст заліза (у 1,27–1,29 раза), інших мікро- та макроелементів (на $1,52 \pm 0,75\%$), вітамінів (на $1,36 \pm 0,41\%$), білків (у 1,16–1,18 раза), а також золи, що свідчить про збалансований нутрієнтний склад готового продукту.

Сенсорні показники, включаючи структуру, консистенцію та колір, демонструють покращення. Загальний бал за органолептичними характеристиками зріс на 7%. Зокрема, відзначено насиченість кольору за рахунок залізовмісних компонентів.

Виявлено зниження вологовмісту (в 1,12–1,14 раза) та активності води (в 1,13–1,15 раза), що сприяє поліпшенню текстури. Зміни кольору показують підвищення рівня червоного (a*) та жовтого (b*) відтінків за рахунок пігментів заліза, що особливо виражено у зразках з 3,0% добавки.

Додавання 1,0% і 3,0% добавки покращує текстурні властивості, зокрема твердість (на 5,6% і 6,0%), адгезивність (на 1,86% і 2,76%), когезійність (на 2,89% і 3,71%), та розжовуваність (на 1,76% і 2,62%). Це досягається завдяки взаємодії між білками, вуглеводами та ліпідами.

Мікробіологічні дослідження підтверджують, що всі зразки відповідають нормативам протягом 75 діб зберігання. Додавання 3,0% залізовмісної добавки знижує ризик мікробного забруднення завдяки її антибактеріальним властивостям.

Встановлено оптимальний вміст дієтичної залізовмісної добавки на рівні 3,0% від маси рецептурної суміші, що забезпечує високу харчову цінність, стабільність фізико-хімічних властивостей та відповідність санітарно-мікробіологічним стандартам.

Таким чином, розроблені енергетичні батончики на основі дієтичної залізовмісної добавки є перспективним продуктом для дієтичного харчування з підвищеним вмістом заліза, що може використовуватися для профілактики анемії.

Список джерел інформації / References

1. Тарасюк, Г. М., & Чагайда, А. О. (2024). Перспективи вдосконалення рецептурного складу снєк-батончиків на основі аналізу поведінки споживачів послуг індустрії гостинності. *Економіка, управління та адміністрування*, 3(109), 37–47. [https://doi.org/10.26642/ema-2024-3\(109\)-37-47](https://doi.org/10.26642/ema-2024-3(109)-37-47)

Tarasiuk H.M., Chahaida A.O. (2019), Perspektivy vprovadzhennia tekhnologii enerhetychnykh batonchykyv u zakladakh hotelno-restorannoho hospodarstva, *Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia*, 3(89), str.57-65, [https://doi.org/10.26642/ema-2019-3\(89\)-57-65](https://doi.org/10.26642/ema-2019-3(89)-57-65)

2. Iuliano L., Gonzalez G., Casas N., Moncayo D., & Cote S. (2019), Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia, *Food Science and Technology (Campinas)*, 39(suppl 1), pp. 218-224. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.25517>.

Iuliano L., Gonzalez G., Casas N., Moncayo D., & Cote S. (2019), Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia, *Food Science and*

Technology (Campinas), 39(suppl 1), pp. 218-224. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.25517>.

3. Fanari F., Comaposada J., Boukid F., Climent E., Claret Coma A., Guerrero L., Castellari M. (2023), Enhancing energy bars with microalgae: A study on nutritional, physicochemical and sensory properties, *Journal of Functional Foods*, 109, pp.105768-105781, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105768>.

Fanari F., Comaposada J., Boukid F., Climent E., Claret Coma A., Guerrero L., Castellari M. (2023), Enhancing energy bars with microalgae: A study on nutritional, physicochemical and sensory properties, *Journal of Functional Foods*, 109, pp.105768-105781, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105768>.

4. Jabeen S., Huma N., Sameen A., Zia M.A. (2020), Formulation and characterization of protein-energy bars prepared by using dates, apricots, cheese and whey protein isolate, *Food Science and Technology (Campinas)*, 41(1), pp. 1-11, <https://doi.org/10.1590/fst.12220>.

Jabeen S., Huma N., Sameen A., Zia M.A. (2020), Formulation and characterization of protein-energy bars prepared by using dates, apricots, cheese and whey protein isolate, *Food Science and Technology (Campinas)*, 41(1), pp. 1-11, <https://doi.org/10.1590/fst.12220>.

5. Aramouni F. M., & Abu-Ghoush M. H. (2011), Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), pp.44-52, <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.4134>

Aramouni F. M., & Abu-Ghoush M. H. (2011), Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), pp.44-52, <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.4134>

6. Lobato L. P., Iakmiu Camargo Pereira A. E., Lazaretti M. M., Barbosa D. S., Carreira C. M., Mandarino J. M. G., & Grossmann M. V. E. (2012), Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(1), pp. 49-58 (2012), <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2011.596148>

Lobato L. P., Iakmiu Camargo Pereira A. E., Lazaretti M. M., Barbosa D. S., Carreira C. M., Mandarino J. M. G., & Grossmann M. V. E. (2012), Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(1), pp. 49-58 (2012), <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2011.596148>

7. Carvalho V. S., & Conti-Silva, A. C. (2018), Cereal bars produced with banana peel flour: Evaluation of acceptability and sensory profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), pp.134-139, <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8447>

Carvalho V. S., & Conti-Silva, A. C. (2018), Cereal bars produced with banana peel flour: Evaluation of acceptability and sensory profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), pp.134-139, <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8447>

8. Munir M., Ahad A., Gull A., Qayyum A., Siddique N. R., Mumtaz A., Naeem S., Ali B., Nadeem M., & Qureshi T. M. (2019), Addition of Spinach Enhanced the Nutritional Profile of Apricot Based Snack Bars, *Pakistan Journal of*

Agricultural Research, 32(3), pp. 490-499, <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.3.490.497>.

Munir M., Ahad A., Gull A., Qayyum A., Siddique N. R., Mumtaz A., Naeem S., Ali B., Nadeem M., & Qureshi T. M. (2019), Addition of Spinach Enhanced the Nutritional Profile of Apricot Based Snack Bars, *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 32(3), pp. 490-499, <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.3.490.497>.

9. Jarzębski M., Wieruszewski M., Kościński M., Rogoziński T., Kobus-Cisowska J., Szablewski T., Perła-Kaján J., Waszkowiak K., Jakubowicz J. (2023), Heme iron as potential iron fortifier for food application – characterization by material techniques, *Reviews on Advanced Materials Science*, 62, pp. 20230128–20230142, <https://doi.org/10.1515/rams-2023-0128>

Jarzębski M., Wieruszewski M., Kościński M., Rogoziński T., Kobus-Cisowska J., Szablewski T., Perła-Kaján J., Waszkowiak K., Jakubowicz J. (2023), Heme iron as potential iron fortifier for food application – characterization by material techniques, *Reviews on Advanced Materials Science*, 62, pp. 20230128–20230142, <https://doi.org/10.1515/rams-2023-0128>

10. Yilin Xing Y., Gao S., Zhang X., Zang J. (2022), Dietary Heme-Containing Proteins: Structures, Applications, and Challenges, *Foods* 11(22), pp. 3594–3614, <https://doi.org/10.3390/foods11223594>.

Yilin Xing Y., Gao S., Zhang X., Zang J. (2022), Dietary Heme-Containing Proteins: Structures, Applications, and Challenges, *Foods* 11(22), pp. 3594–3614, <https://doi.org/10.3390/foods11223594>.

11. Євлаш В. В. Наукові аспекти формування якості дієтичних добавок, що містять гемове залізо, та кондитерських виробів із їх використанням [Електронний ресурс] : монографія / В.В. Євлаш, В. О. Акмен. – Електрон. дані. – X. : ХДУХТ, 2015.

Yevlash V.V., Akmen V.O. (2015), *Naukovi aspekty formuvannia yakosti diietychnykh dobavok, shcho mistiat hemove zalizo, ta kondyterskykh vyrobiv iz yikh vykorystanniam*, [Elektronnyi resurs]: monohrafiia, KhDUKhT, Kharkiv.

12. Tsykhanovska I.a, Yevlash V., Tovma L., Adamczyk G., Alexandrov A., Lazariava T., Blahyi O. (2023), Chapter 5. Flour from Sunflower Seed Kernels in the Production of Flour Confectionery. O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-López (edit.), Book: *Bioconversion of Wastes to Value-added Products*, Springer, pp. 127–166, <https://doi.org/10.1201/9781003329671>

Tsykhanovska I.a, Yevlash V., Tovma L., Adamczyk G., Alexandrov A., Lazariava T., Blahyi O. (2023), Chapter 5. Flour from Sunflower Seed Kernels in the Production of Flour Confectionery. O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-López (edit.), Book: *Bioconversion of Wastes to Value-added Products*, Springer, pp. 127–166, <https://doi.org/10.1201/9781003329671>

13. Tovma L., Morozov I., Yevlash V., Shtrygol' S. (2019), Substantiation of ingredient composition and development of technology of special consumption product bars «Vitabar», *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu*, 19(3), pp. 212–232, <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-212-232>

Tovma L., Morozov I., Yevlash V., Shtrygol' S. (2019), Substantiation of ingredient composition and development of technology of special consumption product bars «Vitabar», Pratsi Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu, 19(3), pp. 212–232, <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-212-232>

14. Batista A. P., Nicolai A., Bursic I., Sousa I., Raymundo A., Rodolfi L., Tredici M. R. (2019), Microalgae as functional ingredients in savory food products: Application to wheat crackers. *Foods*, 8(12), pp. 611–628, <https://doi.org/10.3390/foods8120611>.

Batista A. P., Nicolai A., Bursic I., Sousa I., Raymundo A., Rodolfi L., Tredici M. R. (2019), Microalgae as functional ingredients in savory food products: Application to wheat crackers. *Foods*, 8(12), pp. 611–628.

15. Erkmen O. (2022), Microbiological analysis of foods and food processing environments, Academic Press, USA, <https://doi.org/10.1016/C2021-0-01219-0>.

Erkmen O. (2022), Microbiological analysis of foods and food processing environments, Academic Press, USA, <https://doi.org/10.1016/C2021-0-01219-0>.

16. Hasell S.K., Salter M.A. (2003), Review of the microbiological standards for foods, *Food Control*, 14(6), pp. 391–398, [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00039-2)

Hasell S.K., Salter M.A. (2003), Review of the microbiological standards for foods, *Food Control*, 14(6), pp. 391–398, [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00039-2)

17. Olunlade B.A., Adeola A.A., Anuoluwapo A.O. (2013), Microbial profile of maize-pigeon pea biscuit in storage, *Fountain Journal of Natural and Applied Sciences*, 2(2), pp. 01–09, <https://doi.org/10.53704/fujnas.v2i2.25>

Olunlade B.A., Adeola A.A., Anuoluwapo A.O. (2013), Microbial profile of maize-pigeon pea biscuit in storage, *Fountain Journal of Natural and Applied Sciences*, 2(2), pp. 01–09, <https://doi.org/10.53704/fujnas.v2i2.25>

Цихановська Ірина Василівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія», cikhanovskaja@gmail.com.

Tsykhanovska Iryna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Food Technology, Light Industry and Design «Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy», cikhanovskaja@gmail.com.

Євляш Вікторія Владленівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри хімії, біохімії, мікробіології та гігієни харчування, Державний біотехнологічний університет, evlashvv@gmail.com.

Yevlash Victoria, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Chemistry, Biochemistry, Microbiology and Hygiene of Nutrition State Biotechnology University, evlashvv@gmail.com.

Лазарєва Тетяна Анатоліївна, д-р пед. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія», Lazareva_T.A@ukr.net.

Lazareva Tatyana, Doctor of pedagogical Sciences, Professor, Professor, Department of Food Technology, Light Industry and Design «Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy», Lazareva_T.A@ukr.net.

Гладкоскок Анастасія Андріївна, здобувач вищої освіти (магістр) кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія», Lazareva_T.A@ukr.net.

Gladkoskok Anastasia, higher education student (master's degree) of the Department of Food Technologies, Light Industry and Design, V.N. Karazin Kharkiv National University, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy", Lazareva_T.A@ukr.net.

УДК 664.761

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-37-1-94>

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНИХ БОРОШНЯНИХ СУМІШЕЙ

М.Ф. Кравченко, О.Л. Романовська

У статті досліджено силу борошна за реологічними (структурно-механічними) властивостями комплексних борошняних сумішей, виготовлених із пшеничного борошна вищого сорту, борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку керобу в різних співвідношеннях. Визначено рекомендовані технологічні напрями використання борошняних сумішей відповідно до їх рецептурного складу та технологічних властивостей.

Ключові слова: клейковина, еластичність, водопоглинальна здатність, реологія, борошно з пророщеного зерна пшениці, борошняні суміші, порошок керобу, харчові волокна, борошно пшеничне, розрідження.

TECHNOLOGICAL FEATURES OF COMPLEX FLOUR MIXTURES

M. Kravchenko, O. Romanovska

This study investigates the technological properties of composite flour mixtures containing premium wheat flour, sprouted wheat grain flour, and carob powder in various ratios. The research focuses on analyzing the impact of these