

УДК 663.86:664.696:633.367:579.66

ФЕРМЕНТАЦІЯ ПРОТЕЇНОВОГО КОНЦЕНТРАТУ БОБІВ VICIA FABA: ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИХ НАПОЇВ

Грабовська О. В., д. т. н., професор

<https://orcid.org/0000-0001-6462-3790>

Літвінов А. О., аспірант

<https://orcid.org/0009-0000-1505-9791>

кафедра ресторанних і крафтових технологій

Державний торговельно-економічний університет, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2026-26-23>

Надійшла 07.06.2026. Прийнята після рецензування 23.06.2026. Опублікована 30.06.2026

Ліцензія CC BY-NC-ND 4.0

Предмет. Розглядається проблема пошуку нових повноцінних джерел рослинного білка в технологіях ферментованих напоїв. Аналізуються переваги використання вітчизняної бобової сировини *Vicia faba* L. і продуктів її переробки та шляхи подолання біотехнологічних бар'єрів, пов'язаних із наявністю антинутрієнтів та специфічного бобового присмаку, за допомогою спрямованої молочнокислої ферментації. **Мета.** Обґрунтувати та дослідити технологічні умови ферментації протеїнового концентрату бобів *Vicia faba* L. для створення нових ферментованих рослинних аналогів молочних напоїв із покращеними фізико-хімічними, харчовими та сенсорними характеристиками. **Методи.** Застосовано методи ферментативного гідролізу крохмалю термостабільною α -амілазою із порівняльним аналізом традиційного термічного та мікрохвильового нагрівання суспензії та метод ферментації з використанням молочнокислих заквасок. Фізико-хімічні перетворення оцінено за динамікою накопичення редукувальних речовин, зміною титрованої кислотності та накопиченням вільного амінного азоту. Органолептичні показники досліджено методом експертних оцінок за розробленою 20-бальною шкалою. **Результати.** Доведено, що попереднє ферментативне оброблення суспензії запобігає клейстеризації крохмалю та знижує в'язкість системи. Встановлено високу адаптивність молочнокислих бактерій до рослинного субстрату, що виражається у зниженні рН до 4,7, активному споживанні цукрів та інтенсифікації протеолізу. Визначено раціональні багатокомпонентні заквашувальні культури (Іпровіт-БТА, Іпровіт-Симбілакт, Іпровіт-Йогурт), які забезпечують формування однорідної йогуртоподібної структури та повне нівелювання небажаного бобового аромату. **Сфера застосування результатів.** Результати досліджень призначені для використання у харчовій промисловості при розробленні інноваційних функціональних продуктів, диверсифікації асортименту рослинних альтернатив молоку та впровадженні технологій глибокого перероблення вітчизняних бобових культур.

Ключові слова: функціональний продукт, закваска, ферментація, ферментований продукт, рослинний напій, білковий концентрат, бобові культури

FERMENTATION OF VICIA FABA BEAN PROTEIN CONCENTRATE: PERSPECTIVES OF USE IN PLANT-BASED BEVERAGE TECHNOLOGY

Olena Hrabovska, D-r of Sc., Engineering, Professor

<https://orcid.org/0000-0001-6462-3790>

Anton Litvinov, Postgraduate Student

<https://orcid.org/0009-0000-1505-9791>

Department of Restaurant and Craft Technologies

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

Subject. The problem of global food systems transformation and the search for new complete sources of plant protein in functional product technologies is considered. The advantages of using domestic legume raw materials *Vicia faba* L. and its processing products are analyzed, alongside the methods of overcoming biotechnological barriers associated with the presence of antinutrients and a specific legume off-flavor through targeted lactic acid fermentation. **Purpose.** To substantiate and investigate the technological

conditions for fermentation of protein concentrate from *Vicia faba* L. beans bean protein concentrate to develop new fermented plant-based dairy alternatives with improved physicochemical, nutritional, and functional properties. **Methods.** Methods of enzymatic hydrolysis of starch impurities in the suspension using thermostable α -amylase with a comparative analysis of conventional thermal and microwave heating were applied and fermentation method using lactic acid starter cultures. Physicochemical transformations were evaluated by the kinetics of reducing sugars accumulation, changes in titratable acidity, and the accumulation of free amino nitrogen. Organoleptic characteristics were studied by the expert evaluation method using a developed 20-point scale. **Results.** It is proved that preliminary enzymatic treatment of the suspension prevents starch gelatinization and reduces the viscosity of the system. A high adaptability of lactic acid bacteria to the plant substrate is established, which is manifested in lowering the pH to 4.7, active sugar consumption by microorganisms, and intensification of proteolysis. Rational multicomponent starter cultures (Iprovit-BTA, Iprovit-Symbilact, Iprovit-Yogurt) are determined, ensuring the formation of a homogeneous yogurt-like structure and complete neutralization of the undesirable legume flavor and aroma. **Scope of results.** The research results are intended for use in the food industry for developing innovative functional products, diversifying the range of plant-based milk alternatives, and implementing technologies for deep processing of local legume crops.

Key words: functional product, starter culture, fermentation, fermented product, plant-based beverage, protein concentrate, legumes

Постановка проблеми. Сучасна трансформація продовольчих систем відбувається під впливом глобальних викликів, пов'язаних із забезпеченням продовольчої безпеки, зростанням чисельності населення, зміною клімату та необхідністю раціонального використання природних ресурсів. Прогнозоване збільшення чисельності населення планети до 9 мільярдів осіб до 2050 року вимагає перегляду структури білкового живлення та пошуку нових технологічних підходів до перероблення відновлюваної сировини. У цих умовах особливого значення набуває пошук альтернативних джерел білка, здатних забезпечити населення високоякісними харчовими продуктами при одночасному зниженні екологічного навантаження на довкілля.

Протягом останнього десятиліття світовий ринок рослинних альтернатив молочним продуктам стабільно зростає. Підвищений попит на продукцію рослинного походження обумовлений не лише поширенням веганських, вегетаріанських і флекситаріанських моделей харчування, але й збільшенням кількості споживачів із непереносимістю лактози, алергією на білки коров'ячого молока та прагненням до здорового способу життя [1]. Особливий інтерес викликають ферментовані рослинні напої, які поєднують переваги рослинної сировини з позитивним впливом процесу ферментації на харчову та біологічну цінність продукту.

Традиційний базис рослинних аналогів молока сьогодні формують соя та горіхи (мигдаль, кеш'ю, кокос). Проте горіхова сировина має високу собівартість, а її концентрація в готових напоях зазвичай не перевищує 5% , через що рівень білка в них є критично низьким (менше 0,2 г на 100 г) [2]. Соевий білок, хоч і є повноцінним та технологічним, викликає занепокоєння споживачів через високу алергенність та масове використання генетично модифікованих ліній цієї культури [3].

Серед широкого спектра зернобобових культур значну увагу дослідників привертають боби *Vicia faba* L. (кінські боби). Порівняно з іншими джерелами рослинного білка, зокрема соєю, боби *Vicia faba* мають низку переваг, серед яких нижча алергенність, можливість вирощування в помірних кліматичних умовах, висока врожайність та позитивний вплив на родючість ґрунтів завдяки здатності накопичувати азот у ґрунті. Крім того, виробництво білкових інгредієнтів із бобів характеризується меншим вуглецевим слідом та нижчим витратами ресурсів порівняно з виробництвом білків тваринного походження [4].

Боби *Vicia faba* характеризуються високим вмістом білка, що може досягати 30–35%, сприятливим амінокислотним складом, значною кількістю харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин. Завдяки крупному насінню, легкості лущення порівняно з нутом чи сочевицею, а також мінімальному вмісту ліпідів, дана культура є ідеальним об'єктом для

технологій глибокого перероблення та отримання протеїнових концентратів. Хімічний склад сухої речовини кінських бобів демонструє очевидні переваги за вмістом білка порівняно з іншими поширеними бобовими [5].

Жирнокислотний спектр ліпідів *Vicia faba* L. представлений переважно моно- та поліненасиченими кислотами (олеїною та лінолевою). Вони позитивно впливають на ліпідний профіль крові людини, зокрема стимулюють синтез ліпопротеїнів високої щільності (HDL), що є важливим чинником профілактики серцево-судинних патологій. Мінеральний комплекс бобів відзначається значними концентраціями калію, заліза та цинку при низькому вмісті натрію, що є додатковою перевагою для дієтичного харчування. Вуглеводна фракція, крім крохмалю, містить значну кількість харчових волокон. Вони виявляють виражений пребіотичний ефект: проходячи транзитом через верхні відділи шлунково-кишкового тракту, волокна ферментуються мікрофлорою товстого кишківника з утворенням коротколанцюгових жирних кислот, які пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів [6].

Білки *Vicia faba* L. мають високий потенціал до гелеутворення, емульгування та стабілізації дисперсних систем, що критично важливо для формування гладкої текстури рослинних йогуртів, кисломолочних альтернатив та напоїв.

Проте успішна реалізація цього потенціалу потребує подолання кількох біотехнологічних бар'єрів. Головним дефектом сировини є специфічний «бобовий» або «трав'янистий» аромат і гіркуватий присмак. Вони виникають внаслідок окиснення залишків лінолевої кислоти під дією ферменту ліпоксигенази з утворенням летких альдегідів і кетонів (переважно гексаналу). Друга проблема – наявність антинутрієнтів (танінів, фітинової кислоти та інгібіторів протеаз), а також глікозидів віцину й конвіцину, які блокують засвоєння мікроелементів та знижують ефективність шлункового протеолізу.

Застосування традиційних методів перероблення (замочування, пророщування, тривала термічна обробка) частково знижує рівень антипоживних сполук, проте може призвести до денатурації білка та погіршення його розчинності [7]. Саме тому найефективнішим інструментом біотехнологічної модифікації виступає спрямована молочнокисла ферментація. Завдяки ферментативному апарату стартових культур відбувається частковий гідроліз макромолекул, руйнування антипоживних компонентів та трансформація профілю летких речовин. Це мінімізує інтенсивність небажаного бобового присмаку, покращує реологічні властивості білкового матриксу та дозволяє отримати рослинний продукт нового покоління з високими сенсорними характеристиками та підвищеною біодоступністю поживних речовин.

Перероблення бобів *Vicia faba* дозволяє отримувати протеїнові концентрати та ізоляти з високим вмістом білка, які можуть використовуватися як функціональні інгредієнти в різних харчових системах. Завдяки здатності до емульгування, піноутворення, зв'язування води та формування структурованих систем білки бобів є перспективною сировиною для виробництва альтернативних молочних продуктів. Водночас широке впровадження білкових концентратів бобових у технології харчових продуктів стримується низкою факторів, серед яких наявність характерного «бобового» присмаку та аромату, обмежена розчинність білків, а також недостатньо вивчені механізми формування споживних властивостей готових продуктів.

Одним із найбільш ефективних способів модифікації функціонально-технологічних і сенсорних характеристик рослинних білків є ферментація. Під впливом мікроорганізмів відбуваються складні біохімічні перетворення, які сприяють частковому гідролізу білків і вуглеводів, зниженню вмісту антипоживних речовин, покращенню засвоюваності білка та формуванню більш привабливих смакових і ароматичних властивостей продукту [8]. Крім того, ферментація здатна підвищувати біодоступність окремих поживних компонентів та сприяти утворенню біологічно активних сполук, що розширює можливості створення функціональних продуктів оздоровчого призначення.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених ферментації соєвих продуктів, використання протеїнів бобів *Vicia faba* для виробництва ферментованих альтернативних

напоїв залишається недостатньо вивченим напрямом. Особливо актуальним є дослідження впливу процесу ферментації на властивості протеїнових концентратів бобів, формування текстури та сенсорних характеристик напоїв, а також визначення оптимальних умов культивування мікроорганізмів для отримання продукції високої якості.

У зв'язку з цим дослідження процесів ферментації протеїну бобів *Vicia faba* для розробки альтернативних напоїв є актуальним науковим та практичним завданням. Ці дослідження спрямовані на диверсифікацію асортименту функціональних товарів рослинного походження, підвищення ефективності використання вітчизняної рослинної сировини та задоволення сучасних потреб споживачів у здоровому харчуванні.

Метою роботи є дослідження технологічних умов ферментації протеїнового концентрату бобів *Vicia faba* L. та оцінка можливостей його використання для створення ферментованих рослинних аналогів молочних напоїв із покращеними органолептичними, харчовими та функціональними властивостями.

Матеріали та методи. Предметом дослідження був концентрат протеїну бобів *Vicia faba* L, ферментний препарат бактеріальної α -амілази, заквашувальні культури, фізико-хімічні, органолептичні показники ферментованого напою.

Для досліджень процесу ферментації використовували протеїновий концентрат, вироблений із бобів *Vicia faba* L «сухим способом», хімічний склад якого: сирого протеїну – 65%, крохмалю – 11%, жиру – 4%, клітковини – 3%, мінеральних речовин – 6,5%; гідролітичний ферментний препарат термостабільної α -амілази Termamyl («Novozymes»), закваски бактеріальні Іпровіт-Кефір, Іпровіт-Симбілакт, Іпровіт-Віталакт, Іпровіт-БТА з біфідобактеріями, Іпровіт-Йогурт, Іпровіт-Стрептосан [9].

Процес гідролізу крохмалю α -амілазою, що міститься у складі протеїнового концентрату, здійснювали в лабораторних умовах за допомогою термостату, а також у електромагнітному полі надвисокої частоти за допомогою НВЧ-печі фірми Panasonic максимальної потужності 900 Вт. Загальний вміст редукувальних речовин (РР) у г/дм³ продукту визначали за методом Вільштеттера та Шудля; загальну кислотність стандартним титриметричним методом, вміст вільного амінного азоту (ВАА) визначали нінгідриновим методом [10].

Результати і обговорення. Створенню науково-практичних засад використання рослинної сировини у технології ферментованих напоїв присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних вчених: О. Вітряк, В. Гніцевич, С. Невмиваного, А. Петриної, Н. Притульської, І. Романчук, А. Трубікової, Ю. Савчука, А. Серенка, Т. Юдіної, А. Almnuri, М. Tanguy, М. Youssef та ін.

Попри значну кількість наукових досліджень, рослинні білки використовуються недостатньо і мають обмежене застосування в харчовій промисловості. На сьогодні в Україні відсутні системні наукові дослідження, присвячені технології ферментованих рослинних напоїв з використанням білків бобових культур.

Інноваційний задум даного дослідження полягає у створенні науково обґрунтованої технології ферментованих напоїв на основі продуктів переробки бобів *Vicia faba*, зокрема протеїнового концентрату, який виступає білковою основою для формування рослинної дисперсної системи. Передбачається, що використання такого інгредієнта дозволить створити продукт із підвищеним вмістом рослинного білка, а також сформувати структуру, придатну для подальшої біотехнологічної модифікації у процесі ферментації.

Сутність запропонованого інноваційного підходу полягає у поєднанні технологічних методів обробки рослинної сировини з біотехнологічними процесами ферментації, що дозволяє керувати формуванням фізико-хімічних та органолептичних властивостей продукту. Такий підхід забезпечує можливість створення нових видів ферментованих напоїв рослинного походження, що відповідають сучасним вимогам до функціональних продуктів харчування.

Реалізація інноваційного задуму ґрунтується на кількох ключових принципах. Першим принципом є раціональне використання білкової сировини рослинного походження, що передбачає максимальне збереження її харчової та біологічної цінності у процесі технологічної обробки. Це досягається шляхом підбору оптимальних режимів технологічних процесів, які дозволяють зберегти функціональні властивості білкових компонентів та запобігти їх надмірній денатурації.

Другим принципом є адаптація технологічних режимів обробки рослинної білкової системи до умов виробництва ферментованих продуктів. Одним із важливих етапів технологічного процесу є теплова обробка, зокрема пастеризація, яка забезпечує мікробіологічну безпеку продукту та стабілізацію його структури. При цьому вибір режимів теплової обробки має враховувати особливості рослинної білкової матриці, оскільки надмірна термічна дія може призводити до зміни функціональних властивостей білків та погіршення текстурних характеристик продукту.

Третім принципом реалізації інноваційної стратегії є використання ферментаційних процесів як ефективного інструменту модифікації складу та властивостей рослинної системи. Ферментація сприяє біохімічній трансформації компонентів сировини, що супроводжується утворенням органічних кислот, вільних аміних сполук та інших метаболітів, які впливають на смак, аромат та харчову цінність продукту [11]. Крім того, ферментація може сприяти покращенню перетравності білків та підвищенню біодоступності поживних речовин.

На основі аналізу наукових джерел та попередніх експериментальних досліджень було сформульовано робочу гіпотезу, відповідно до якої використання протеїнового концентрату бобів *Vicia faba* як основи для створення ферментованих напоїв у поєднанні з оптимізованими режимами ферментації дозволить сформувати стабільну рослинну систему з покращеними фізико-хімічними, структурно-механічними та органолептичними характеристиками.

Для реалізації сформульованої робочої гіпотези було розроблено модель технологічного процесу одержання ферментованого напою на основі протеїнового концентрату бобів *Vicia faba*. Узагальнену технологічну схему процесу наведено на рис. 1.

Технологія ферментованого напою передбачає підготовку протеїнової суспензії, обробку ферментним препаратом термостабільної бактеріальної α -амілази з метою розщеплення крохмалю до цукрів, які будуть сприяти подальшому сквашуванню, стерилізацію з подальшим охолодженням до температури сквашування, внесення закваски і остаточну ферментацію. Першим етапом дослідження було визначення оптимального режиму підготовки протеїнової суспензії.

У ході дослідження готували водну дисперсію білкового концентрату з масовою часткою сухих речовин 6% , шляхом змішування порошку протеїнового концентрату бобів *Vicia Faba* з водою. Після гомогенізації суміші в неї додавали 1 мл ферментного препарату бактеріальної α -амілази (на 500 мл суспензії) і проводили термічне оброблення з метою ферментативного гідролізу крохмалю.

Протеїновий концентрат бобів містить в своєму складі близько 10% крохмалю, який за високих температур клейстеризується в присутності білків і може утворювати в'язку, пастоподібну текстуру, яка ускладнює подальші процеси. Крім того, підвищена в'язкість та наявність крохмального клейкого гелю може перешкоджати білок-білковим взаємодіям і формуванню білкового гелевого каркасу. У підсумку такі драглисті білково-крохмальні суміші часто мають гіршу текстуру, ніж традиційні харчові продукти з емульсійних драглів. Таким чином, попереднє термічне оброблення протеїнової суспензії в присутності ферментного препарату α -амілази проводилось з метою зменшення в'язкості суспензії за рахунок гідролізу крохмалю до редукувальних цукрів, створення кращих умов для ферментації заквасками і зменшення специфічного запаху бобових.



Рис. 1. Схема технологічного процесу отримання ферментованого напою на основі бобів *Vicia faba*

зразки, у яких визначали вміст редукувальних речовин (табл. 1).

На початковому етапі було проведено порівняльний аналіз двох способів термічного оброблення протеїнової суспензії: перший – де нагрівання здійснювали на водяній бані при температурі 80...85°C протягом 60 хвилин, другий – шляхом мікрохвильового нагріву у НВЧ-печі. Мікрохвильове оброблення застосовували до суспензії протеїну кінських бобів у склянці (200 г) при потужності 900 Вт протягом 6 хв, з циклами по 30 с нагрівання та подальшим перемішуванням протягом 10 с. У процесі мікрохвильового оброблення відзначено поступове збільшення піноутворення при температурах понад 70°C та зміну агрегатного стану білкової системи при підвищенні температури до 80...85°C.

В ході проведення термічного оброблення відбирали

Таблиця 1

Кінетика накопичення редукувальних речовин в ході ферментативного гідролізу протеїнової суспензії

№	Проведення процесу при нагріванні на водяній бані		Проведення процесу в НВЧ-печі	
	Час гідролізу, хв.	Вміст редукувальних речовин, г/мл	Час гідролізу, хв.	Вміст редукувальних речовин, г/мл
1	20	4,8	2	5,2
2	40	6,3	4	7,2
3	60	8,9	6	8,15

В ході дослідження було встановлено, що оброблення на водяній бані при 80°C протягом 60 хв. і мікрохвильове нагрівання однаково ефективні щодо гідролізу крохмалю, проте прискорення процесу за рахунок оброблення зразків у полі НВЧ компенсувалося ускладненням внаслідок піноутворення і агрегації білків у полі НВЧ.

Після оброблення ферментним препаратом α-амілази суспензію стерилізували в автоклаві за температури 110°C протягом 15 хв. для знищення сторонньої мікрофлори, інактивації ферменту і розкладання речовин, які зумовлюють специфічний запах бобових. Як наслідок ферментолізу і стерилізації спостерігали зміну кольору суспензії з жовтуватого на молочно-білий, при цьому характерний запах бобових значно зменшився. Процес ферментації також змінює органолептичний профіль продукту, оскільки молочнокислі мікроорганізми можуть метаболізувати альдегіди та інші ароматичні сполуки, знижуючи їх концентрацію. Штами *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei*, *Limosilactobacillus fermentum* та *Streptococcus thermophilus* демонструють здатність перетворювати леткі альдегіди на менш

ароматичні кислоти або спирти, що природним чином покращує смаковий профіль напою [12]. Крім того, ферментація змінює структуру білково-полісахаридної матриці, що збільшує зв'язування ароматичних компонентів і зменшує їх леткість.

Підготовлену протеїнову суспензію охолоджували до 37°C, вносили закваски та проводили ферментацію протягом 18 годин.

Вибір заквашувальних культур є одним із ключових етапів розробки технології ферментованих напоїв на основі рослинної сировини, оскільки саме мікроорганізми визначають інтенсивність перебігу біохімічних процесів, формування кислотності, трансформацію вуглеводів і білкових речовин, а також органолептичні властивості кінцевого продукту.

У роботі було використано різні типи бактеріальних заквасок: Іпровіт-Кефір, Іпровіт-Симбілакт, Іпровіт-Віталакт, Іпровіт-БТА з біфідобактеріями, Іпровіт-Йогурт, Іпровіт-Стрептосан. За контроль на даному етапі дослідження було обрано підготовлений зразок суспензії, який термостатували без внесення закваски. Результати показали, що всі культури здатні розвиватися у середовищі бобового протеїну, однак ефективність їх дії суттєво різниться. В ході експерименту було визначено титровану кислотність, вміст амінного азоту і редукувальних речовин в ході сквашування.

Встановлено, що у всіх дослідних зразках спостерігається підвищення титрованої кислотності порівняно з контролем, що підтверджує активне протікання молочнокислого бродіння (рис. 2.). Найвищі значення кислотності характерні для зразків із використанням симбіотичних заквасок, що пояснюється їх комплексним мікробіологічним складом та синергетичною взаємодією мікроорганізмів.

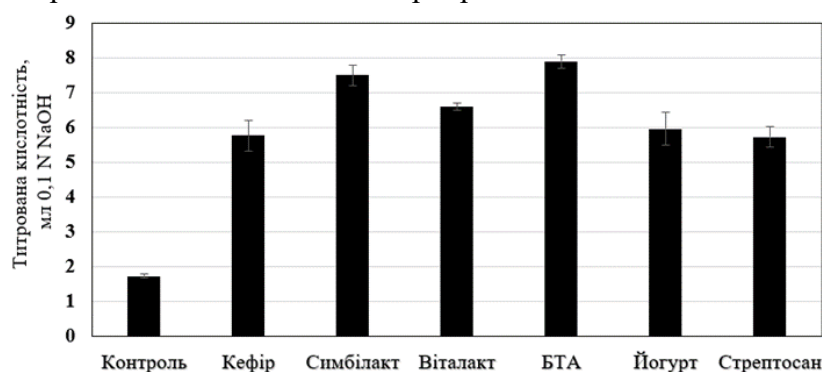


Рис. 2. Вплив заквашувальних культур на титровану кислотність ферментованих зразків

Аналізуючи динаміку кислотоутворення, бачимо що найвищу швидкість метаболізму продемонстрували культури Іпровіт-БТА та Іпровіт-Симбілакт. Це свідчить про їх високу адаптивність до рослинного субстрату. Рівень рН в ході ферментації знижується до значення рН 4,7.

Отже, дослідження процесу ферментації суспензії протеїну бобів *Visia Faba* різними культурами мікроорганізмів, зростання кислотності продукту в процесі ферментації і покращення органолептичних характеристик, а саме кольору і аромату, свідчить про позитивний ефект сквашування рослинних білків бобів *Visia Faba*.

Вміст редукувальних цукрів у процесі ферментації зменшується (рис. 3), що є наслідком їх використання мікроорганізмами як джерела енергії. Дослідження вмісту редукувальних цукрів показало, що в ході ферментації їх вміст у контрольному зразку знизився з 5,01 мг/мл до 1,0 мг/мл. Така динаміка вказує на активне споживання цукрів бактеріями. Найбільш інтенсивне зниження цього показника було відмічене у зразках із високою ферментативною активністю, що корелює зі зростанням кислотності.

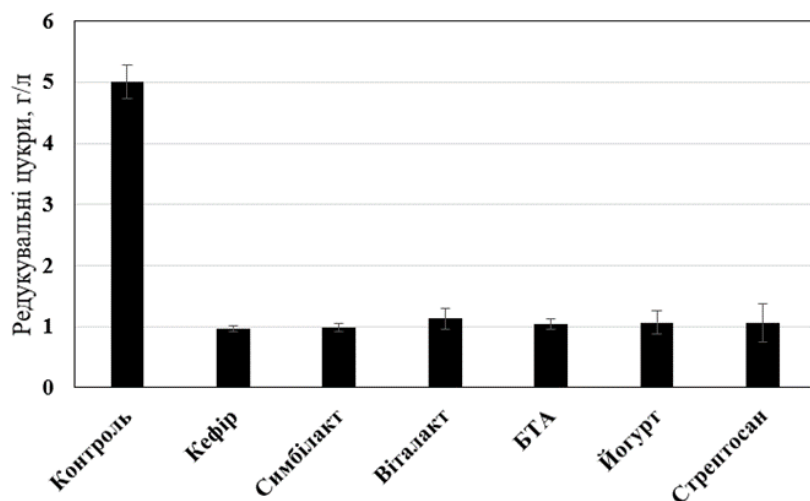


Рис. 3. Вміст редукувальних цукрів у ферментованих зразках залежно від виду закваски

ефективними є багатокomпонентні заквашувальні культури, які забезпечують інтенсивне накопичення кислотності, активне використання вуглеводів і глибший гідроліз білкових речовин.

Органолептична оцінка отриманих зразків показала, що якість ферментованого напою суттєво залежить від типу використаної закваски (табл. 2). Найкращі результати продемонстрували зразки із заквасками Іпровіт-БТА та Іпровіт-Симбілакт і Іпровіт-Йогурт, які характеризувалися приємним смаком, збалансованим ароматом та однорідною кремоподібною консистенцією. У цих зразках практично не відчувався характерний бобовий присмак, що є важливим показником споживчої привабливості продукту. Водночас контрольний зразок, у який не вносили закваску, мав значно гірші показники – слабо виражений смак, неоднорідну текстуру та наявність специфічного бобового аромату та присмаку.

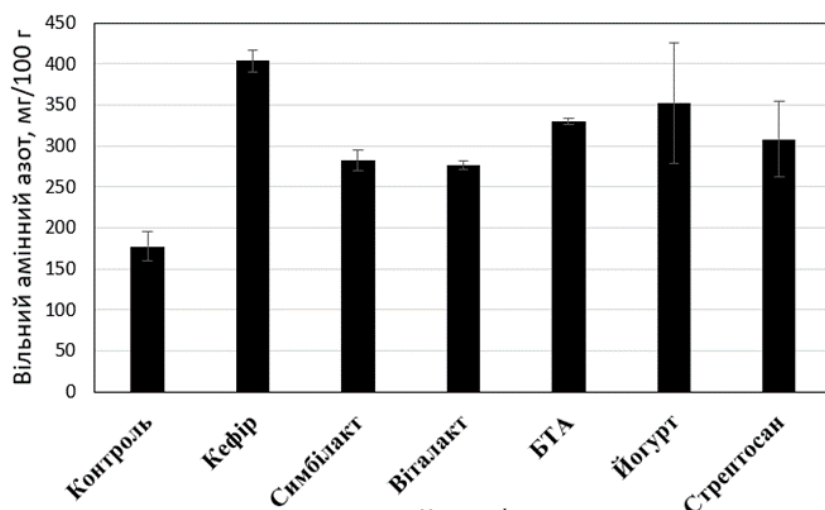


Рис. 4. Вплив заквашувальних культур на накопичення вільного аміного азоту

шкалу.

На основі оцінювання коефіцієнтів вагомості органолептичних показників була розроблена 20-бальна шкала органолептичної оцінки якості ферментованих напоїв, яка представлена в табл. 3.

Дослідження вмісту вільного аміного азоту показало його зростання у ферментованих зразках (рис. 4), що свідчить про активний перебіг протеолітичних процесів. Гідроліз білків із утворенням низькомолекулярних сполук позитивно впливає на біологічну цінність продукту та його засвоюваність.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що найбільш

Для розробки бальної шкали оцінювання органолептичних показників було взято такі параметри: смак, аромат, консистенція, зовнішній вигляд. Для визначення коефіцієнтів вагомості, з метою розробки 20-бальної шкали, був використаний метод експертних оцінок. Кожен показник оцінювався балами: 1,5 – дуже суттєвий, 1 – суттєвий, 0,5 – несуттєвий, 0 – не варто включати в

Таблиця 3

**Розрахунок балів для оцінювання органолептичних показників ферментованих напоїв
за 20-бальною шкалою**

Показник	Коефіцієнт вагомості	Максимальна сума балів з урахуванням коефіцієнтів вагомості
Смак	1	5/5
Аромат	1,5	5/7,5
Консистенція	1	5/5
Зовнішній вигляд	0,5	5/2,5
Усього	–	20

На основі оцінок, отриманих під час сенсорного аналізу зразків ферментованих напоїв дегустаторами, було побудовано зведену таблицю середніх оцінок кожного зразка (табл. 4).

Таблиця 4

Органолептична оцінка ферментованих зразків

Зразок	Закваска	Смак	Аромат	Консистенція	Зовнішній вигляд	Загальна оцінка
1	Іпровіт–Кефір	3,9	4,1	4,0	4,0	16,05
2	Іпровіт–Симбілакт	4,5	4,4	4,6	4,5	17,95
3	Іпровіт–Віталакт	4,1	4,0	4,2	4,1	16,35
4	Іпровіт–БТА	4,8	4,7	4,9	4,8	19,15
5	Іпровіт–Йогурт	4,3	4,2	4,4	4,3	17,15
6	Іпровіт–Стрептосан	4,0	4,1	4,1	4,0	16,25

З отриманих результатів видно, що ферментація білкового концентрату бобових різними заквашувальними культурами дає змогу отримати ферментовані продукти з подібними органолептичними характеристиками. За консистенцією та зовнішнім виглядом ферментовані зразки аналогічні молочному йогурту. Проте, отримані продукти потребують коригування смаку і аромату шляхом внесення смакових і ароматичних речовин і є лише основою для розроблення ферментованих рослинних функціональних напоїв.

Висновки. За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що білковий концентрат бобових культур є перспективною сировиною для виробництва ферментованих рослинних аналогів молочних напоїв.

Попереднє термічне оброблення протеїнової суспензії бактеріальною α -амілазою частково розщеплює крохмаль до редукувальних цукрів, що сприяє покращенню консистенції суспензії перед сквашуванням і покращує технологічні умови процесу ферментації протеїнової суспензії молочно-кислими заквашувальними культурами.

Дослідження впливу заквашувальних культур різного складу показало, що найбільш ефективними з точки зору інтенсивності кислотоутворення та формування органолептичних характеристик є культури типу Іпровіт-Йогурт, Іпровіт-БТА та Іпровіт-Симбілакт. Отже, процес ферментації не лише стабілізує структуру продукту, але й відіграє ключову роль у формуванні його смакових та ароматичних характеристик.

Внаслідок ферментації покращуються органолептичні показники продукту: зникає характерний бобовий аромат, покращується колір і формується щільна та однорідна йогуртоподібна структура. Отже, отриманий ферментований продукт може розглядатися як основа для розроблення ферментованих рослинних альтернатив традиційним молочним напоям.

Бібліографія

1. Sharma N., Yeasmen N., Dube L., Orsat V. A review on current scenario and key challenges of plant-based functional beverages. *Food bioscience*. 2024. Vol. 60. P. 104320. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104320>.
2. Jiang L., Lu Y., He Q. Unlocking the microbial mechanisms in fermented bean products: advances and future directions in multi-omics and machine learning approaches. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2025. P. 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2544764>.
3. Ayala-Rodríguez V. A., López-Hernández A. A., López-Cabanillas Lomelí M., González-Martínez B. E., Vázquez-Rodríguez J. A. Nutritional quality of protein flours of fava bean (*Vicia faba* L.) and in vitro digestibility and bioaccessibility. *Food Chemistry: X*. 2022. 14. 100303. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100303>.
4. Ahmad I., Hao M., Li Y., Jianyou Z., Yuting D., Lyu F. Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges - A review. *Trends in food science & technology*. 2022. Vol. 129. P. 558-580. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>.
5. Mayer Labba I.-C., Frøkiær H., Sandberg A.-S. Nutritional and antinutritional composition of fava bean (*Vicia faba* L., var. minor) cultivars. *Food research international*. 2021. 140. 110038. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110038>.
6. Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2019). Milk Analog: plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60 (18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>.
7. Tangyu M., Muller J., Bolten C. J., Wittmann C. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied microbiology and biotechnology*. 2019. 103 (23–24). P. 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>.
8. Dhull S. B., Kidwai M. K., Noor R., Chawla P., Rose P. K. A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.). *Legume science*. 2021. Vol. 4. № 3. Art. e129. <https://doi.org/10.1002/leg3.129>.
9. ТУ У 15.5-00419880-10:2010. Культури заквашувальні сухі та рідкі. Національна академія аграрних наук України, Інститут продовольчих ресурсів. Київ, 2010.
10. Technical Committe, A. Free amino nitrogen (international method). ASBC methods of analysis. American Society of Brewing Chemists. 2011. <https://doi.org/10.1094/asbcmoa-wort-12>
11. Millar K. A., Gallagher E., Burke R., McCarthy S., Barry-Ryan C. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of food composition and analysis*. 2019. 82. 103233. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>.
12. Дегтяр В. В., Радченко А. Е., Гринченко Н. Н., Гринченко О. О. Технологічні та економічні аспекти застосування бобових в технологіях харчової продукції: міні-огляд. *Journal of chemistry and technologies*. 2024. 31 (4). С. 886–896. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i4.287753>.

References

1. Sharma, N., Yeasmen, N., Dube, L., & Orsat, V. (2024). A review on current scenario and key challenges of plant-based functional beverages. *Food Bioscience*, 60, Article 104320. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104320>.
2. Jiang, L., Lu, Y., & He, Q. (2025). Unlocking the microbial mechanisms in fermented bean products: advances and future directions in multi-omics and machine learning approaches. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2544764>.
3. Ayala-Rodríguez, V. A., López-Hernández, A. A., López-Cabanillas Lomelí, M., González-Martínez, B. E., & Vázquez-Rodríguez, J. A. (2022). Nutritional quality of protein flours of fava bean (*Vicia faba* L.) and in vitro digestibility and bioaccessibility. *Food Chemistry: X*, 14, Article 100303. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100303>.
4. Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Jianyou, Z., Yuting, D., & Lyu, F. (2022). Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 558–580. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>.
5. Mayer Labba, I.-C., Frøkiær, H., & Sandberg, A.-S. (2021). Nutritional and antinutritional composition of fava bean (*Vicia faba* L., var. minor) cultivars. *Food Research International*, 140, Article 110038. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110038>.

-
6. Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2019). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
 7. Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(23-24), 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>.
 8. Institute of Food Resources of NAAS of Ukraine. (2010). *Kultury zakvashuvalni sukhi ta ridki [Dry and liquid starter cultures]* (TU U 15.5-00419880-10:2010). Kyiv.
 9. Dhull, S. B., Kidwai, M. K., Noor, R., Chawla, P., & Rose, P. K. (2021). A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.). *Legume Science*, 4(3), Article e129. <https://doi.org/10.1002/leg3.129>.
 10. Technical Committee, A. (2011). Free Amino Nitrogen (International Method). *ASBC Methods of Analysis*. American Society of Brewing Chemists. <https://doi.org/10.1094/asbcmoa-wort-12>.
 11. Millar, K. A., Gallagher, E., Burke, R., McCarthy, S., & Barry-Ryan, C. (2019). Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, Article 103233. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>.
 12. Dehtiar, V. V., Radchenko, A. E., Grynchenko, N. H., & Grynchenko, O. O. (2024). Tekhnologichni ta ekonomichni aspekty zastosuvannia bobovykh v tekhnolohiiakh kharchovoi produktsii: mini-ohliad [Technological and economic aspects of using legumes in food technology: a mini-review]. *Journal of Chemistry and Technologies*, 31(4), 886–896. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i4.287753> [In Ukrainian].