

УДК 663.8

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2026.124>

ВИГОТОВЛЕННЯ КОМБУЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

Роман Миколайович Мукоїд

кандидат технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0002-3454-1484>

Марина Іванівна Бойко

кандидат технічних наук, завідувач лабораторії кафедри експертизи харчових продуктів

<https://orcid.org/0000-0002-7285-1360>

Національний університет харчових технологій

01033 м. Київ, вул. Володимирська, 68, Україна

Володимир Павлович Василів

кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-2109-0522>

Михайло Михайлович Муштрук

кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>

Андрій Володимирович Макєєв

Аспірант

<https://orcid.org/0009-0008-7425-1626>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.

Анотація. Актуальність дослідження зумовлена зростаючим попитом на функціональні низькокалорійні напої та необхідністю вдосконалення технології крафтового виробництва комбучі шляхом використання натуральних замінників цукру. Метою роботи є комплексне оцінювання впливу стевії як альтернативного підсолоджувача на фізико-хімічні показники та формування сенсорного профілю ферментованого напою комбуча. Для досягнення мети використано потенціометричний метод визначення активної кислотності, титриметричний метод для встановлення титрованої кислотності, рефрактометричний аналіз вмісту розчинних сухих речовин та дескрипторно-профільний метод органолептичного оцінювання якості. Результати дослідження підтвердили, що заміна цукру на стевію забезпечує стабільний перебіг ферментації симбіотичною культурою *Medusomyces gisevii*. Встановлено, що протягом п'яти діб бродіння в обох зразках відбувається закономірне зниження рівня рН до значень 3,6...3,7 та зростання титрованої кислотності. При цьому дослідний зразок зі стевією характеризувався нижчою інтенсивністю кислотонакопичення (0,20 порівняно з 0,28 у контролі), що забезпечує м'якше смакове сприйняття. Динаміка вмісту розчинних сухих речовин свідчить про активне формування продуктів метаболізму, причому кінцеві показники Вгіх у зразку зі стевією (4,75 %) наблизилися до значень класичного варіанту (4,8 %). Сенсорний аналіз виявив трансформацію ароматично-смакового букета: використання стевії призвело до посилення інтенсивності медового дескриптора до 6 балів, пом'якшення трав'янистих тонів та формування гармонійного післясмаку. Сумарна дегустаційна оцінка комбучі зі стевією склала 20 балів, що підтверджує збереження високих споживчих властивостей за повної відсутності сахарози. Доведено, що природна фруктоза в складі субстрату є достатньою для живлення мікроорганізмів та накопичення органічних кислот. Практична цінність роботи полягає в обґрунтуванні технологічної придатності стевії для виробництва функціональних безкалорійних напоїв у крафтовому секторі та HoReCa.

Впровадження розробленої технології дозволяє розширити асортимент оздоровчих продуктів для осіб із порушеннями вуглеводного обміну та сприяє розвитку гастрономічного туризму через створення автентичних локальних брендів.

Ключові слова: стевія, ферментовані напої, функціональні продукти, сенсорна оцінка, фізико-хімічні показники

UDC 663.8

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2026.123>

PRODUCTION OF KOMBUCHA USING UNCONVENTIONAL RAW MATERIALS

Roman Mukoid

Ph.D. (Engineering), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-3454-1484>

Marina Boiko

Ph.D. (Engineering), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-7285-1360>

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Volodymyr Vasylyv

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-2109-0522>

Mikhailo Mushtruk

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>

Andriy Makeyev

Postgraduate student

<https://orcid.org/0009-0008-7425-1626>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine.*

Abstract. The study is relevant because of the growing demand for functional, low-calorie beverages and the need to improve craft kombucha production technology by using natural sugar substitutes. The aim of the study is to comprehensively assess the effect of stevia as an alternative sweetener on the physicochemical parameters and sensory profile of fermented kombucha. To achieve this goal, the potentiometric method was used to determine active acidity, the titrimetric method to establish titrated acidity, refractometric analysis of soluble dry matter content, and the descriptor-profile method of organoleptic quality assessment.

The study confirmed that replacing sugar with stevia maintains stable fermentation by the symbiotic culture *Medusomyces gisevii*. During five days of fermentation, both samples showed a gradual decrease in pH to 3.6–3.7 and an increase in titratable acidity. At the same time, the experimental sample with stevia showed lower acid accumulation (0.20 compared to 0.28 in the control), resulting in milder taste perception. The dynamics of soluble dry matter content indicate active formation of metabolic products, with the final Brix values in the stevia sample (4.75%) approaching those of the classic version (4.8%). Sensory analysis revealed a transformation in the aroma and taste bouquet: the use of stevia increased the intensity of the honey descriptor to 6 points, softened herbal tones, and led to a harmonious aftertaste. The total tasting score for kombucha with stevia was 20 points, confirming the preservation of high consumer properties in the complete absence of sucrose. It has been shown that the natural fructose in the substrate is sufficient to support microorganism growth and to accumulate organic acids.

The practical value of the work lies in substantiating the technological suitability of stevia for the production of functional calorie-free beverages in the craft sector and HoReCa. The implementation of the developed technology allows expanding the range of health products for people with carbohydrate metabolism disorders and contributes to the development of gastronomic tourism by creating authentic local brands.

Keywords: stevia, fermented beverages, functional drinks, sensory evaluation, physicochemical properties

ВСТУП. У сучасних умовах глобалізації ринку харчових продуктів спостерігається стійка тенденція до зростання споживчого попиту на напої, що поєднують у собі високі органолептичні властивості та функціональну спрямованість. Особливе місце серед них посідає комбуча – ферментований чайний напій, популярність якого у світі зумовлена унікальним профілем пробіотиків, антиоксидантів та органічних кислот. Крафтовий сектор виробництва таких напоїв стає важливим елементом не лише індустрії здорового харчування, а й гастрономічного туризму та брендингу територій.

Аналіз останніх досліджень свідчить про активний науковий пошук у напрямку вдосконалення технології комбучі. Зокрема, (Abuduaiba & Zhang, 2023) детально описали складні мікробні взаємодії всередині симбіотичної культури SCOBY, що забезпечують формування біоактивного складу напою. Питання антиоксидантних властивостей та впливу альтернативних підсолоджувачів на динаміку ферментації висвітлювали у своїх працях (Abbas & Hassan, 2024), відзначаючи високу здатність стевії підтримувати метаболічну активність мікроорганізмів. (Cheliabieva, 2024) наголошує на важливості комбучі як компонента оздоровчого харчування в сучасних нутриціологічних стратегіях.

Окремий пласт досліджень присвячений використанню саме стевії як натурального замітника сахарози. (Umar, Ahmed & Soad, 2023) довели антигіперглікемічні властивості комбучі на основі стевії, що робить її перспективною для терапії діабету. Прогресивні метагеномні та метаболомічні дослідження (Feng, Zhang & Kang, 2026) підтвердили, що тип підсолоджувача радикально змінює метаболічний профіль напою. Водночас (Wan & Seow, 2025) вказують на те, що вплив альтернативної сировини на фізико-хімічні показники залишається недостатньо вивченим. У вітчизняному науковому просторі О. Dulka та V. Ruyblyskyi (2024) активно досліджують перспективи крафтового виробництва функціональних продуктів на основі SCOBY в Україні.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю створення низькокалорійних ферментованих напоїв із прогнозованими властивостями, що відповідають вимогам здорового харчування та дозволяють розширити асортимент крафтової продукції.

Метою дослідження є комплексне вивчення впливу стевії як альтернативного підсолоджувача на динаміку ферментаційних процесів, фізико-хімічні показники та сенсорний профіль комбучі для обґрунтування доцільності її використання у технології функціональних напоїв.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

проаналізувати динаміку активної, титрованої кислотності та вмісту розчинних сухих речовин у процесі бродіння;

дослідити формування органолептичних характеристик напою за використання стевії;

визначити вплив нетрадиційної сировини на інтенсивність накопичення органічних кислот.

Наукова новизна роботи полягає в отриманні нових даних про зміну фізико-хімічних параметрів та трансформацію дескрипторного профілю комбучі при повній заміні цукру на стевію, а також у підтвердженні здатності культури *Medusomyces gisevii* ефективно функціонувати на субстраті з природним вмістом фруктози без пригнічення ферментаційної активності.

МЕТОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ було комплексне дослідження впливу використання стевії як альтернативного підсолоджувача на фізико-хімічні та органолептичні показники ферментованого напою комбуча шляхом оцінювання динаміки активної й титрованої кислотності та масової частки розчинних сухих речовин ($^{\circ}\text{Brix}$) у процесі ферментації, аналізу формування сенсорного профілю (смаку, аромату, прозорості та насиченості вуглекислим газом), визначення впливу стевії на інтенсивність ферментаційних процесів і накопичення органічних кислот, а також обґрунтування доцільності її застосування для створення функціональних напоїв із покращеними харчовими й споживчими властивостями та оцінювання перспектив використання у технології крафтового виробництва комбучі.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Комбуча – ферментований напій на основі чаю, який відомий своїми потенційними функціональними та оздоровчими властивостями. Традиційно для її виробництва як джерело вуглеводів використовують білий цукор. Водночас вплив альтернативних підсолоджувачів, зокрема пального цукру та стевії, на фізико-хімічні й органолептичні показники комбучі вивчений недостатньо та потребує додаткових досліджень (Wan & Seow, 2025).

Чайний гриб являє собою живу симбіотичну культуру мікроорганізмів – дріжджів і оцтовокислих бактерій, що функціонує як єдина біологічна система під час ферментації чайного настою. У процесі бродіння мікроорганізми використовують цукри як основне джерело енергії та вуглецю, забезпечуючи перебіг складних біохімічних перетворень. У результаті метаболічної активності культури утворюються органічні кислоти, ферменти, вітаміни, електроліти та інші біологічно активні метаболіти мікробного походження (Dobrynja, et al. 2017). Саме ці сполуки формують характерні фізико-хімічні та органолептичні властивості напою, а також визначають його функціональний потенціал.

За даними наукових джерел, мікрофлора SCOBY у зразках комбучі з різних географічних регіонів характеризується значним різноманіттям мікроорганізмів. Тому наявні відомості щодо SCOBY комбучі, її мікробіологічного та хімічного складу, а також антибіотичних і лікувальних властивостей є варіативними та не цілком однорідними.

У процесі виробництва комбучі одночасно відбувається кілька типів бродіння – спиртове, глюконокисле та оцтовокисле (Abuduaiiba, et al. 2023). У результаті формується природно збалансований комплекс біологічно активних сполук, зокрема амінокислот, вітамінів (С, групи В тощо), ферментів і органічних кислот – оцтової, молочної, глюконової, глюкуронової, яблучної та інших (Chakravorty & Gachhui 2016). Наявність такого широкого спектра біоактивних компонентів обґрунтовує доцільність використання напою в лікувально-профілактичному харчуванні.

Сучасні тенденції розробки функціональних напоїв (Goryn, Bulii, & Mukoid, 2025) підтверджують високу технологічну ефективність стевії як натурального замітника сахарози, що дозволяє створювати продукти з прогнозованими лікувально-профілактичними властивостями для збереження здоров'я нації.

Стевія, або (медова трава), - натуральний низькокалорійний замітник цукру з широким спектром лікувально-профілактичних властивостей. Солодкість стевії має неуглеводну природу, тому ця рослина практично не має калорійності і використовується для підсолоджування різноманітних страв і напоїв. Використання стевії дозволено, і навіть рекомендовано, для споживання відповідними органами.

Напій отримують шляхом ферментації підсолоджененого чайного настою із застосуванням симбіотичної культури бактерій і дріжджів (SCOBY). У процесі бродіння мікроорганізми метаболізують доступні вуглеводи з утворенням органічних кислот, біологічно активних сполук і метаболітів мікробного походження (Cheliabiieva, 2024), що формують характерний кислуватий смак, аромат і функціональні властивості комбучі.

При дослідженні властивостей стевії було проаналізовано її хімічний склад. Встановлено, що рослинна сировина містить широкий спектр біологічно активних сполук,

зокрема глікозиди, вітаміни (А, В₁, С, Е), антиоксиданти (кверцетин, рутин), мінеральні елементи (кальцій, фосфор, калій, цинк, хром, магній, мідь), органічні кислоти (яблучну, лимонну, олеїнову), дубильні речовини та ефірні олії.

Основними біологічно активними компонентами стевії є дитерпенові глікозиди, що зумовлюють її інтенсивну солодкість. Найбільш поширеним серед них є стевіозид, вміст якого в листі рослини може досягати близько 15 % від сухої маси. Стевіозид є природною безазотистою сполукою; у його структурі відсутня вільна глюкоза, що підвищує його дієтичну цінність. Високий коефіцієнт солодкості стевіозиду поєднується з практично нульовою енергетичною цінністю, що робить стевію перспективним цукрозамінником у раціонах із контрольованою калорійністю. Доведено, що комбуча, виготовлена шляхом інфузії *Stevia rebaudiana*, має виражені антигіперглікемічні властивості, що робить її перспективним засобом у комплексній терапії діабету II типу (Umar, Ahmed & Soad, 2023). Терапевтична ефективність метаболічних продуктів *Medusomyces gisevii* була продемонстрована для відновлення імунної функції під час дисбактеріозу, пов'язаного з прийомом антибіотиків (Dobrynina et al., 2017). У дослідженні додавання *Stevia rebaudiana* має на меті зберегти ці пробіотичні властивості, одночасно забезпечуючи низький глікемічний профіль, придатний для здорового харчування.

За останнє десятиліття було досягнуто значного прогресу в дослідженні чаю комбуча, і з'явилися повідомлення про те (Dulka & Prybylskyi, 2024), що вживання комбучі може запобігати різним видам раку та серцево-судинних захворювань, сприяти покращенню функції печінки та стимулювати імунну систему.

Завдяки цим властивостям стевію доцільно використовувати як альтернативне джерело солодкого смаку в харчуванні осіб із порушенням вуглеводного обміну, зокрема при цукровому діабеті. Наявність у листі дубильних речовин також зумовлює виражені протизапальні властивості, пов'язані з їх впливом на слизові оболонки.

Напої на основі стевії можуть розглядатися як функціональні продукти та рекомендовані для профілактичного споживання різними групами населення в межах раціонального харчування.

У зв'язку зі зростанням інтересу до функціональних безкалорійних продуктів харчування, актуальним є вивчення можливості використання стевії як альтернативної сировини у виробництві ферментованого напою комбуча. Попередні дослідження показали, що стевія може бути ефективно інтегрована у комбучу, сприяючи росту молочнокислих бактерій та впливаючи на органолептичні властивості напою (Rihibiha et al., 2022). Дослідження останніх років (Wan & Seow, 2025) демонструють, що тип підсолоджувача радикально змінює не лише смаковий профіль, а й швидкість ферментації комбучі. Зокрема, порівняльний аналіз білого цукру та стевії вказує на суттєву різницю в накопиченні органічних кислот. Метагеномний аналіз підтвердив зміни мікробіому та метаболічних профілів при ферментації при використанні стевії, що відкриває перспективи для створення нових функціональних продуктів харчування (Feng, T., Zhang, T., & Kang, W., 2026). Крім того, листя стевії може служити не лише як підсолоджувач, але й як частина субстрату з підвищеними антиоксидантними властивостями. Використання стевії у технології комбучі не лише вирішує проблему калорійності, а й сприяє корекції метаболічних порушень. Згідно з дослідженнями (Li et al. 2023), екстракт *Stevia rebaudiana* здатен пом'якшувати інсулінорезистентність шляхом регуляції функцій мітохондрій та зниження оксидативного стресу, що робить цей субстрат стратегічно важливим для виробництва напоїв функціонального призначення.

Гастрономічний туризм сьогодні трансформується у пошук автентичності. Комбуча з місцевих інгредієнтів стає інструментом територіального брендингу (Prybylskyi, & Dulka, 2024). За даними (Kovalska, & Savchenko, 2023), туристи все частіше шукають локальні продукти, що мають історію та приносять користь здоров'ю. Впровадження дегустаційних турів на крафтові ферментаційні виробництва створює нові точки тяжіння для мандрівників.

Сучасний етап розвитку індустрії гостинності характеризується переходом від стандартизованих продуктів до персоніфікованого та крафтового пропонування. Як зазначає Sigala (2020), заклади HoReCa стають не просто місцями споживання їжі, а центрами гастрономічного досвіду, де інноваційні напої (зокрема комбуча) виступають маркером якості та екологічної свідомості бренду.

Використання фітосировини у виробництві комбучі дозволяє моделювати нутрієнтний склад напою. Додавання компонентів з високим вмістом адаптогенів та антиоксидантів перетворює комбучу з освіжаючого напою на засіб превентивної нутриціології. Дослідження підтверджують, що синергія мікроорганізмів SCOBY та біоактивних сполук нетрадиційної сировини (наприклад, поліфенолів ягід або глікозидів трав) посилює імунomodуючий ефект (Leal et al., 2020).

Отже, аналіз літературних джерел свідчить, що комбуча є складною ферментаційною системою з варіативним мікробіологічним складом і широким спектром біологічно активних метаболітів, функціональні властивості якої значною мірою визначаються типом використаного підсолоджувача та рослинної сировини. Використання альтернативних джерел солодкості, зокрема стевії, розглядається як перспективний напрям удосконалення технології напою завдяки її низькій калорійності, біоактивному складу та потенційному метаболічному ефекту. Водночас наявні дані щодо впливу стевії на перебіг ферментації, формування фізико-хімічних і органолептичних показників комбучі залишаються обмеженими, що обґрунтовує доцільність проведення цілеспрямованих експериментальних досліджень у цьому напрямі.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Дослідження проведено у 2025 році на базі лабораторій кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства Національного університету харчових технологій. Основним об'єктом дослідження був ферментований напій комбуча, виготовлений із використанням симбіотичної культури (SCOBY) та традиційного або альтернативного підсолоджувача – цукру або стевії.

1. Сировина. Для досліджень використано: чай чорний листовий – 6 г на 400 см³ води; цукор – 50 г (для контрольного зразка); стевія – 10 г (для дослідного зразка); підготовлена вода – 400 см³ на один зразок; культура *Medusomyces gisevii* – 50 см³.

2. Підготовка ферментаційного середовища. Воду нагрівали до 92 °С, розчиняли цукор або стевію та додавали чай. Настій витримували 30 хвилин, після чого охолоджували до 28–31 °С і фільтрували через ситовий фільтр. Для ферментації використовували конічні колби місткістю 500 см³.

3. Варіанти дослідних зразків:

Зразок 1 (контроль) – чайне сушло із цукром;

Зразок 2 (дослідний) – чайне сушло зі стевією, без додаткового цукру.

4. Процес ферментації. У кожен колбу вносили 50 см³ культури SCOBY. Ферментацію проводили у темному місці при температурі 28–31 °С протягом 5 діб. Відбір проб здійснювали кожен добу.

5. Визначені показники. Досліджували основні фізико-хімічні показники, які відображають перебіг ферментації: активна кислотність (рН) – методом потенціометрії; титрована кислотність (ТА) – за стандартною методикою; масова частка розчинних сухих речовин (Brix) – рефрактометрично. Всі аналізи виконували у триразовій повторності. Результати обробляли статистично, визначаючи середнє арифметичне та середнє відхилення.

6. Органолептична оцінка. Для оцінки сенсорних властивостей застосовували дескрипторно-профільний метод дегустації. Дегустатори оцінювали зовнішній вигляд, прозорість, смак, аромат, післясмак та насиченість вуглекислим газом за шестибальною шкалою (0...6 балів). Результати узагальнено для порівняння класичного зразка, дослідного зразка зі стевією та ароматизованого «Дюшес».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. На першому етапі досліджень після вибору нетрадиційної сировини проводили визначення фізико-хімічних показників напою в процесі бродіння. Для зручності дослідження було сформовано два зразки: зразок 1 – класична комбуча, зразок 2 – комбуча з використанням стевії.

Основним завданням дослідження було спостереження за перебігом процесу бродіння та оцінювання змін ключових технологічних показників, зокрема активної кислотності, масової частки сухих речовин та значення рН, які є визначальними параметрами процесу виробництва комбучі.

Для приготування ферментаційного середовища використовували культуру симбіотичної закваски *Medusomyces gisevii* об'ємом 50 см³, підготовлену воду – 400 см³, чай – 6 г, цукор – 50 г, а також стевію – 10 г (для дослідного зразка). Процес проводили у скляному лабораторному посуді – конічних колбах місткістю 500 см³.

Підготовку суслу здійснювали шляхом нагрівання 400 см³ води до температури 92 °С із подальшим внесенням 50 г цукру та перемішуванням до повного розчинення. Після цього додавали 6 г чайної сировини та проводили настоювання протягом 30 хвилин. Отриманий настій охолоджували до температури 28...31 °С та фільтрували через сичастий фільтр для видалення чайного листа.

Було сформовано два варіанти зразків: зразок 1 (контроль) – чайне сусло із цукром; зразок 2 (дослідний) – чайне сусло зі стевією у кількості 10 г без додаткового внесення цукру.

Після охолодження до температури ферментації в кожен колбу вносили 50 см³ культури *Medusomyces gisevii*. Ферментацію проводили у темному місці за температури 28...31 °С протягом 5 діб.

Відбір проб здійснювали в день приготування суслу та щоденно протягом усього періоду ферментації. Визначали такі показники: активну кислотність (рН), титровану кислотність та вміст розчинних сухих речовин (°Brix).

Усі дослідження виконували у триразовій повторності. Результати обробляли статистично та подавали у вигляді середнього значення та середнього арифметичного відхилення, результати досліджень процесу ферментації напоїв представлені на рисунку 1-3.

За результатами спостереження встановлено (рис. 1), що в обох зразках упродовж 5 діб ферментації відбувається закономірне зниження значення рН, що свідчить про активний перебіг процесів кислотоутворення та метаболічної активності симбіотичної культури *Medusomyces gisevii*.

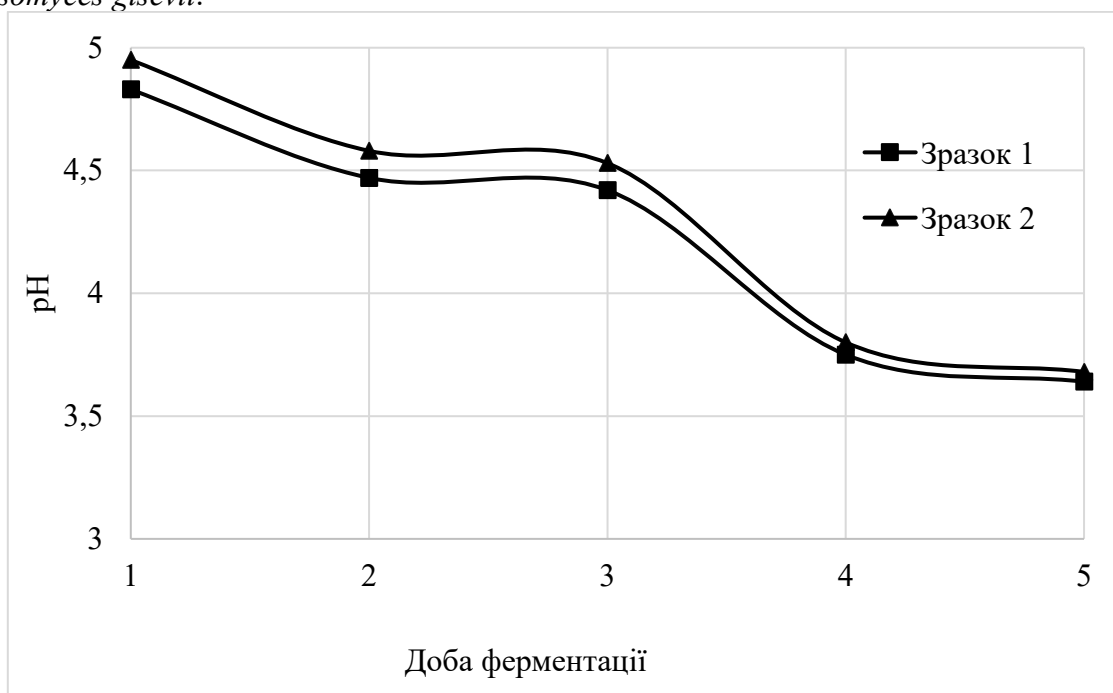


Рисунок 1. Динаміка зміни рН напою під час ферментації

Джерело: авторська розробка

Це пояснюється тим, що продукти, в яких унаслідок молочнокислого бродіння (ферментації) накопичуються органічні кислоти, зокрема молочна, оцтова та пропіонова.

На початковому етапі ферментації зразок зі стевією (зразок 2) характеризувався дещо вищим рівнем рН порівняно з контрольним зразком із цукром (зразок 1). Протягом 1–3 діб зниження рН відбувалося поступово, без різких коливань, що вказує на стабільний розвиток мікрофлори.

Найбільш інтенсивне підкислення середовища спостерігається між 3 та 4 добою ферментації в обох зразках – саме в цей період фіксується найбільший градієнт зниження рН. На 5 добу значення рН стабілізуються на рівні близько 3,6–3,7, що є типовим для завершальної стадії ферментації комбучі.

Кислоти призводять до зниження рН та появи кислого смаку, а також змінюють текстуру продукту та можуть підвищувати його харчову цінність. Наприклад, за рахунок підвищення розчинності мінеральних елементів, через що вони краще засвоюються людським організмом.

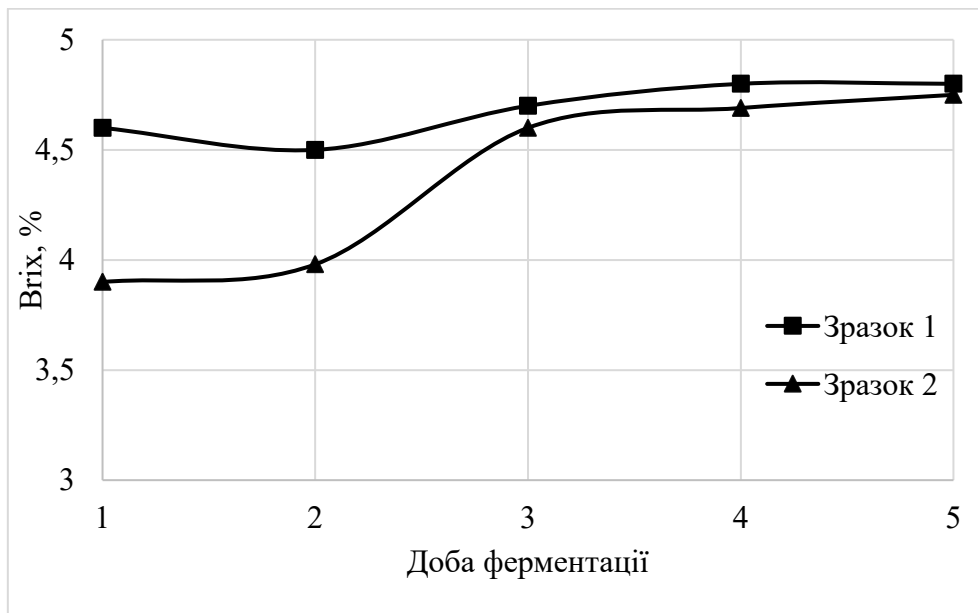


Рисунок 2. Динаміка зміни Brix напою під час ферментації

Джерело: авторська розробка

Аналіз динаміки масової частки розчинних сухих речовин (Brix) у процесі ферментації показав, що в обох дослідних зразках спостерігається загальна тенденція до підвищення показника протягом усього періоду спостереження.

У контрольному зразку (зразок 1) значення Brix на початку процесу становило близько 4,6 % із незначним зниженням на другу добу, після чого відзначено поступове зростання до 4,8 % на п'яту добу ферментації. Коливання мають плавний характер, що свідчить про стабільний перебіг біохімічних перетворень у середовищі.

У дослідному зразку зі стевією (зразок 2) стартове значення було нижчим (близько 3,9 %), однак у період між 2 та 3 добою зафіксовано найбільш інтенсивне зростання показника. Надалі відбувалося повільне підвищення до рівня $\approx 4,7-4,75$ % наприкінці ферментації.

Зближення значень Brix у дослідному та контрольному зразках на завершальному етапі процесу може свідчити, що у напоях присутні дубильні та ароматичні речовини, кофеїн і вітаміни які містяться в чайному листі, які є головною складовою для формування аромату та

смак. Вміст у чаї біологічно активних речовин, зокрема, азотного та фосфорного живлення, що необхідне для фізіології дріжджів і оцтовокислих бактерій можуть прискорити процес бродіння. Встановлено, що наявність у суслі складових чаю значно прискорює процес бродіння. Отримані дані підтверджують, що використання стевії не перешкоджає формуванню необхідного рівня розчинних сухих речовин у ферментованому напої.

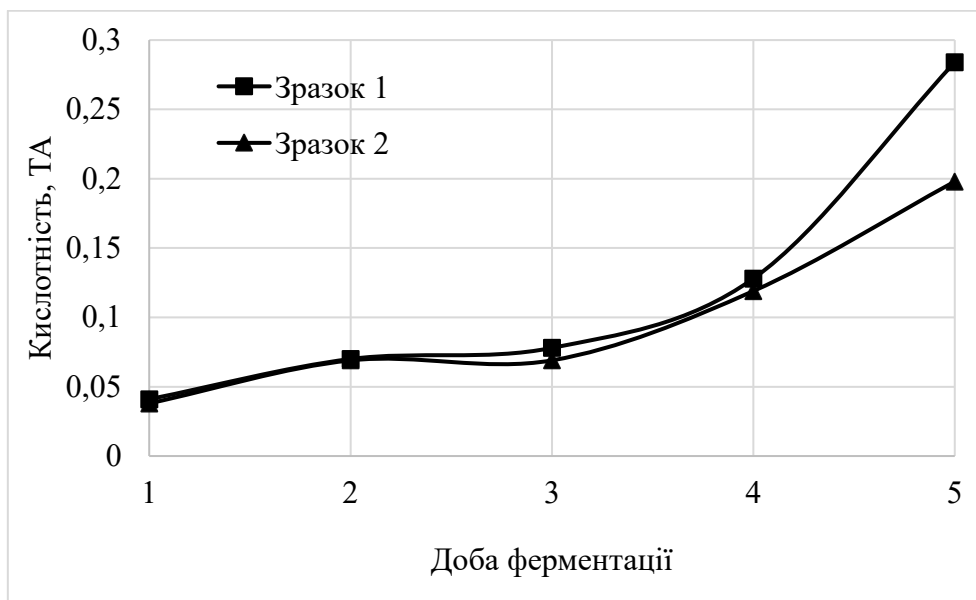


Рисунок 3. Динаміка зміни кислотності напою під час ферментації

Джерело: авторська розробка

Дослідження динаміки титрованої кислотності в процесі ферментації комбучі показало її поступове зростання в обох зразках упродовж усього періоду спостереження, що є характерною ознакою активного накопичення органічних кислот у результаті життєдіяльності симбіотичної мікрофлори *Medusomyces gisevii*.

На початкових етапах ферментації (1–3 доба) приріст титрованої кислотності мав помірний характер і не перевищував 0,08 од. ТА, що свідчить про адаптацію мікроорганізмів до поживного середовища. Починаючи з 4 доби ферментації спостерігається різке зростання кислотності, що вказує на інтенсифікацію біохімічних процесів та активне утворення органічних кислот.

Контрольний зразок із сахарозою (зразок 1) характеризувався більш високими значеннями титрованої кислотності порівняно з дослідним зразком зі стевією (зразок 2), особливо на завершальному етапі ферментації. На 5 добу значення ТА у зразку 1 досягло близько 0,28, тоді як у зразку 2 – близько 0,20.

Отримані результати узгоджуються з даними щодо зниження рН та підтверджують, що заміна цукру на стевію знижує інтенсивність кислотонакопичення, не пригнічуючи при цьому перебіг ферментаційного процесу. Це може бути позитивним з точки зору формування більш м'яких органолептичних властивостей напою та розширення можливостей його використання як функціонального продукту.

Згідно з останніми висновками (Abbas and Hassan 2024), використання *Stevia rebaudiana* як повного або часткового заміника цукру ефективно підтримує динаміку ферментації комбучі, одночасно значно підвищуючи її антиоксидантну здатність, що робить її придатною сировиною для виробництва функціональних напоїв

Швидше за все це пов'язано з буферними властивостями стевіозиду. Процес бродіння напою з додаванням стевії проходить завдяки вмісту фруктози, яка міститься у природному складі, як показали дослідження, що для бродіння напою достатньо природної фруктози, яка живить культуру *Medusomyces gisevii*.

Після визначення фізико-хімічних показників було проведено органолептичну оцінку дослідних зразків напоїв комбучі. Для сенсорного аналізу обрано три варіанти напою: «Класична», «Дюшес» та «Стевія», які є близькими за технологічною схемою та рецептурним складом. Усі зразки виготовляли за базовою технологією ферментації чайного суслу з використанням культури *Medusomyces gisevii*, при цьому у зразку «Стевія» цукор замінено на підсолоджувач рослинного походження – стевію.

Оцінювання якості напоїв проводили органолептичним методом із застосуванням дескрипторно-профільного підходу дегустаційного аналізу. Метод передбачав формування переліку сенсорних характеристик (дескрипторів), що найбільш повно описують споживчі властивості продукту – зовнішній вигляд, аромат, смак, післясмак та загальне враження.

На основі попереднього обговорення сенсорних відчуттів експертною групою було сформовано та уточнено глосарій дескрипторів. Подальше оцінювання здійснювали шляхом індивідуальної дегустації зразків із визначенням інтенсивності прояву кожної характеристики.

Інтенсивність дескрипторів оцінювали за шестибальною шкалою: 0 – ознака відсутня; 1 – ледь впізнавана; 2 – слабка; 3 – помірна; 4 – 5 – виражена; 6 – дуже сильна інтенсивність прояву.

Результати роботи дегустаційної комісії узагальнено та наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Результати дегустаційної оцінки ферментованого напою комбуча

Показники якості напою	«Класична»	«Дюшес»	«Стевія»
	Бали		
Прозорість	2	2	2
Зовнішній вигляд	3	2	4
Смак	6	4	5
Аромат	5	5	4
Насиченість CO ₂	6	3	5
Всього	22	16	20

За результатами дескрипторно-профільної дегустаційної оцінки встановлено відмінності у сенсорних характеристиках дослідних зразків комбучі – «Класична», «Дюшес» та «Стевія». За показником прозорості всі зразки отримали однакову оцінку – 2 бали, що свідчить про подібний рівень візуальної чистоти напою після ферментації та фільтрування.

Зовнішній вигляд найвище оцінено у зразка «Стевія» – 4 бали, що може бути пов'язано з більш привабливим кольором та візуальним сприйняттям напою. Найвищі бали за смак отримав зразок «Класична» – 6 балів, що вказує на найбільш гармонійний смаковий профіль. Зразок «Стевія» набрав 5 балів і продемонстрував достатньо виражені та прийнятні смакові характеристики. Найнижчу оцінку за цим показником мав зразок «Дюшес» – 4 бали.

За ароматом зразки «Класична» та «Дюшес» отримали по 5 балів, що свідчить про добре сформований ароматичний профіль. У зразка «Стевія» аромат оцінено дещо нижче – 4 бали, що може пояснюватися специфічними нотами підсолоджувача. Показник насиченості вуглекислим газом мав найбільшу варіативність: «Класична» – 6 балів, «Стевія» – 5 балів, «Дюшес» – 3 бали. Це вказує на різну інтенсивність вторинної карбонізації та сприйняття ігристості напоїв. Сумарна органолептична оцінка становила: «Класична» – 22 бали, «Стевія» – 20 балів, «Дюшес» – 16 балів.

Отримані результати свідчать, що зразок комбучі зі стевією за комплексом сенсорних показників наближається до класичного варіанту та перевищує зразок «Дюшес». Це підтверджує доцільність використання стевії як альтернативного підсолоджувача при виробництві ферментованих функціональних напоїв без суттєвої втрати споживчих властивостей.

Поглиблений дескрипторний аналіз сенсорного профілю (рис. 4) дослідних зразків комбучі виявив суттєві відмінності у структурі ароматично-смакового букета між варіантами «Класична», «Дюшес» та «Стевія».

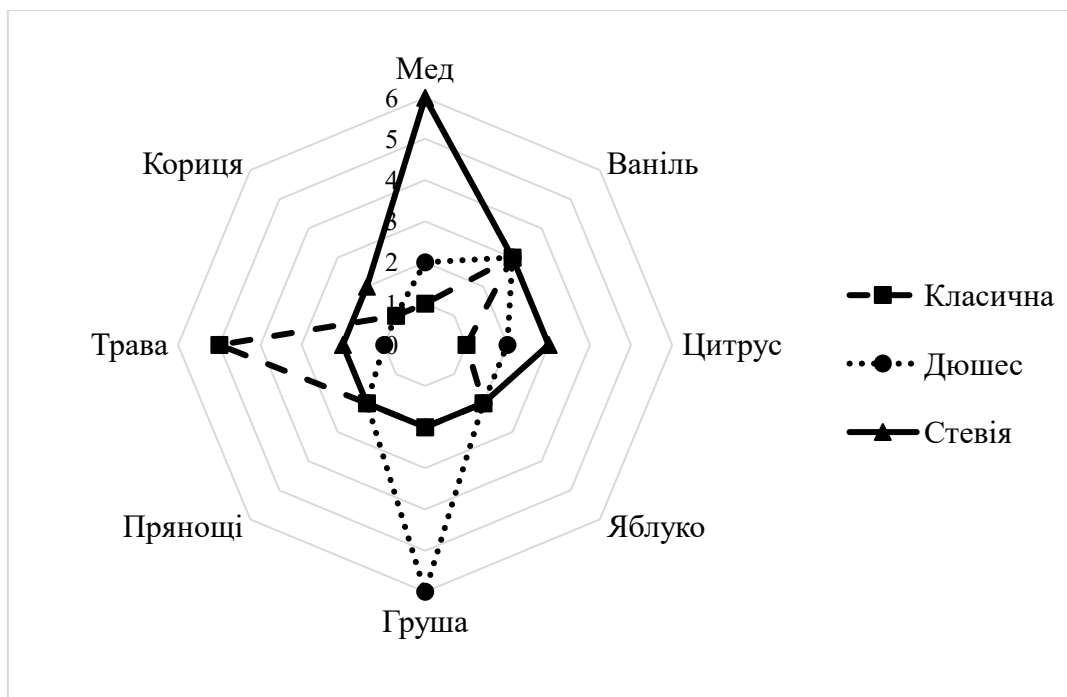


Рисунок 4. Профілограма ферментованого напою комбуча

Джерело: авторська розробка

Зразок «Класична» характеризується найбільш вираженими трав'яними нотами (5 балів), що є типовим для традиційної комбучі на основі чайної ферментації. Помірно виражені дескриптори ванілі (3 бали), яблука, груші та прянощів (по 2 бали) формують збалансований, але більш ферментаційно-рослинний профіль. Медові, цитрусові та коричні відтінки мають низьку інтенсивність (1 бал), що свідчить про їх фоновий характер.

Зразок «Дюшес» демонструє чітко домінуючий грушевий дескриптор (6 балів), який формує провідний ароматичний образ напою. Додатково відзначено помірні цитрусові та медові ноти (по 2 бали) і середній рівень ванільного відтінку (3 бали). При цьому трав'яна складова виражена мінімально (1 бал), що відрізняє профіль від класичного ферментаційного типу та зсуває його в бік ароматизованого напою.

Зразок «Стевія» має найбільш інтенсивний медовий дескриптор (6 балів), що є характерною сенсорною особливістю підсолоджувача рослинного походження. Додатково зафіксовано помірні цитрусові (3 бали), ванільні (3 бали) та слабко-пряні відтінки (2 бали). Трав'янистість виражена слабше (2 бали), ніж у класичному варіанті, що свідчить про пом'якшення ферментаційного профілю.

Загалом дескрипторний аналіз показує, що використання стевії суттєво змінює сенсорний профіль комбучі – зменшується інтенсивність трав'янистих тонів і посилюються медово-солодкі та м'які ароматичні ноти.

Комплексна оцінка фізико-хімічних і органолептичних показників ферментованих напоїв комбучі показала узгоджений характер змін у процесі бродіння та чіткий вплив рецептурних особливостей на якість готового продукту. Встановлено закономірне зниження рН і зростання титрованої кислотності впродовж ферментації, що підтверджує активне накопичення органічних кислот і стабільний перебіг мікробіологічних процесів. Динаміка Вгіх свідчить про формування розчинних продуктів метаболізму та екстрактивних речовин напою.

Сенсорний аналіз виявив, що класичний зразок має найбільш збалансований смако-ароматичний профіль і максимальну сумарну дегустаційну оцінку. Зразок зі стевією продемонстрував високі органолептичні показники та наближені до контрольного варіанту споживчі властивості, при цьому характеризувався м'якшим кислотним сприйняттям і вираженішими медово-солодкими дескрипторами. Ароматизований зразок типу «Дюшес» сформував вузько виражений фруктовий профіль, але поступався за комплексною оцінкою.

Отримані результати комплексного дослідження впливу стевії на технологічні та органолептичні параметри комбучі дозволяють провести глибокий аналіз у контексті світових тенденцій розробки функціональних напоїв. Порівняння власних експериментальних даних із результатами інших авторів дає змогу визначити місце даної роботи у сучасній харчовій біотехнології.

Ключовим аспектом нашого дослідження була динаміка активної кислотності. Встановлене зниження рН до рівня 3,6...3,7 на п'яту добу ферментації корелює з висновками (L. K. Rahmawati 2025), яка у своїй роботі зазначала, що стабілізація рН у межах 3,5...3,8 є критичним показником завершення первинної ферментації комбучі, незалежно від типу субстрату. Спільним у наших результатах є підтвердження того, що кислотоутворювальна здатність симбіозу *Medusomyces gisevii* зберігається навіть при зміні вуглеводного джерела.

Проте, при аналізі титрованої кислотності виявлено цікаві відмінності. У нашому експерименті зразок зі стевією продемонстрував нижчу швидкість накопичення кислот (0,20 од. ТА) порівняно з класичним варіантом (0,28 од. ТА). Це частково дискутує з результатами (Abbas, M., & Hassan, S., 2024), які вказували, що використання *Stevia rebaudiana* може навпаки інтенсифікувати ферментацію за рахунок додаткових нутрієнтів у рослинному екстракті. Така різниця може бути пояснена використанням у нашому дослідженні іншої концентрації стевії або специфікою штамового складу SCOBY. У свою чергу, (Wan N. B. W. D. & Seow, E. K., 2025). також відзначали суттєву різницю в накопиченні органічних кислот при порівнянні цукру та альтернативних підсолоджувачів, що повністю підтверджує нашу тезу про вплив типу цукрозамінника на метаболічний профіль.

Важливим внеском у розуміння процесів бродіння є наші дані щодо динаміки сухих речовин ($^{\circ}\text{Brix}$). Зростання показника до 4,75 % у зразку зі стевією вказує на активне формування продуктів метаболізму та екстракцію біоактивних сполук. Це узгоджується з дослідженням (Sivakumar, S., Arumugam, M., & Raja, R., 2026)., які розглядали синергійний ефект стевії та ботанічних субстратів. Автори зазначали, що стевія сприяє росту пробіотичного потенціалу та збагаченню напою вторинними метаболітами, що ми й спостерігали у вигляді зростання розчинних речовин.

Особливу увагу варто приділити органолептичній оцінці. Нами встановлено, що стевія формує медово-солодкий профіль (6 балів за відповідним дескриптором) і пом'якшує трав'янисті ноти. Схожі результати описували (Abbas, M., & Hassan, S., 2024) та (Gogun Y., Bulii Y., & Mukoid R., 2025), стверджуючи, що використання стевії як натурального підсолоджувача дозволяє нівелювати різку кислотність, притаманну класичній комбучі, та зробити напій більш привабливим для масового споживача. Це підтверджує нашу думку про доцільність використання стевії для корекції сенсорного профілю функціональних продуктів.

В аспекті функціональності наші результати про можливість створення безкалорійного напою без пригнічення життєдіяльності SCOBY перегуковуються з роботою (Umar, A. U., Ahmed, Q. U., Muhammad, B. Y., & Soad, S. Z. M. 2023). Автор зосередився на антигіперглікемічних властивостях такої комбучі, доводячи її ефективність у комплексній терапії діабету II типу. Хоча наше дослідження не включало клінічних випробувань, отримані нами фізико-хімічні стабілізаційні показники створюють технологічну базу для реалізації саме таких оздоровчих ефектів, про які пише Umar.

Дослідження (Feng, T., Zhang, T., & Kang, W., 2026) розглядало проблему на глибшому метагеномному рівні. Їхні дані підтвердили зміни мікробіому при використанні стевії, що пояснює зафіксовані нами відхилення у значеннях рН та ТА між зразками. Ми спостерігали

зовнішні прояви цих змін (м'якший смак, інша швидкість бродіння), тоді як Feng надав цьому генетичне обґрунтування.

У розрізі розвитку крафтового виробництва та гастрономічного туризму наші висновки про перспективність стевії для локальних виробництв підтримуються працями Dulka O. & Prybylskyi V., (2024). Автори розглядали комбучу як інструмент територіального брендингу. Спільним є те, що інноваційні підходи до рецептури (використання нетрадиційної сировини) є ключовим фактором конкурентоспроможності крафтових брендів на сучасному етапі розвитку індустрії HoReCa, про що також зазначала (Sigala M., 2020) у контексті екологічної свідомості брендів.

На відміну від роботи (Dobrynia, Yu. M., Pelykh, V. H., & Mykhailytska, O. V., 2017), який акцентував на імуномодуючих властивостях біоактивних речовин комбучі при дисбактеріозі, наше дослідження більше сфокусоване на технологічній придатності субстрату. Проте обидві роботи доповнюють одна одну: ми доводимо, що технологічно напій зі стевією є стабільним, а Dobrynia підтверджує, що продукти метаболізму *Medusomyces gisevii* зберігають свою біологічну цінність для організму.

Підсумовуючи порівняльний аналіз, можна стверджувати, що наше дослідження заповнює існуючу прогалину в питаннях практичного застосування стевії в українському крафтовому секторі. Спільність результатів із міжнародними дослідженнями щодо стабільності ферментації підтверджує достовірність наших даних, а виявлені особливості в інтенсивності кислотонакопичення та формування специфічного медового профілю відкривають нові можливості для моделювання напоїв із заданими властивостями. Використання природної фруктози субстрату як єдиного джерела живлення, що було зафіксовано в роботі, є важливим технологічним нюансом, який дозволяє мінімізувати собівартість при збереженні функціонального статусу продукту. Таким чином, робота вносить вагомий внесок у розвиток теорії та практики виробництва ферментованих напоїв нового покоління.

ВИСНОВКИ. Проведене дослідження показало, що заміна традиційного цукру на стевію у рецептурі комбучі не перешкоджає перебігу ферментації, забезпечує стабільне накопичення органічних кислот і формування необхідного рівня розчинних сухих речовин, що підтверджує технологічну придатність стевії як альтернативного підсолоджувача.

Динаміка зміни фізико-хімічних показників свідчить про закономірне зниження рН та зростання титрованої кислотності у процесі ферментації обох зразків, при цьому зразок зі стевією характеризувався більш м'яким кислотним сприйняттям, що може позитивно впливати на органолептичні властивості напою та його функціональність.

Аналіз Вгіх показав, що використання стевії забезпечує формування розчинних продуктів метаболізму та екстрактивних речовин, необхідних для смакових та ароматичних властивостей напою, при цьому кінцеві значення показника близькі до класичного варіанту.

Сенсорна оцінка підтвердила, що зразок комбучі зі стевією має високі органолептичні характеристики, близькі до класичного варіанту: збережено привабливий смак і аромат, а також оптимальний зовнішній вигляд і насиченість вуглекислим газом. При цьому відзначено посилення медово-солодких та м'яких ароматичних нот і пом'якшення трав'янистих тонів.

Використання стевії як нетрадиційної сировини для виробництва комбучі дозволяє створювати функціональні безкалорійні напої з потенційними оздоровчими ефектами, що робить її перспективною для раціонального та лікувально-профілактичного харчування.

Отримані результати обґрунтовують доцільність впровадження стевії у технологію крафтових ферментованих напоїв для формування продуктів з керованими фізико-хімічними, органолептичними та функціональними властивостями, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування та розвитку гастрономічного туризму.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Abbas, M., & Hassan, S. (2024). Effect of *Stevia rebaudiana* as a sugar substitute on the fermentation dynamics and antioxidant properties of Kombucha. *Food Chemistry: X*, 21, Article 101054. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101054>
- Abuduaiba, T., & Zhang, S. (2023). Microbial consortium and metabolic interactions in kombucha fermentation: A review. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 42(3), 112–125. <https://doi.org/10.1016/j.fsb.2023.01.005>
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., & Gachhui, R. (2016). Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International Journal of Food Microbiology*, 220, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>
- Cheliabieva, V. M. (2024). Kombucha – fermentovanyi napii na osnovi chaisu, komponent ozdorovchoho kharchuvannia [Kombucha – a fermented tea-based drink, a component of health nutrition]. *Prodovolchi resursy [Food Resources]*, 12(23), 199–206. <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-23-23>
- Dobrynia, Yu. M., Pelykh, V. H., Galytskyi, V. A., & Mykhailytska, O. V. (2017). Vliianie biologicheski aktivnoi substantsii iz *Medusomyces gisevii* (chainyi grib) na immunitet belykh krysov v usloviakh antibiotiko-assotsirovannogo disbakterioza [Influence of a biologically active substance from *Medusomyces gisevii* (Kombucha) on the immunity of white rats under conditions of antibiotic-associated dysbacteriosis]. *Veterinarnaia Patologiya*, 61(3), 22–30.
- Dulka, O., & Prybyl'skyi, V. (2024). Vykorystannia kombuchi ta kultury SCOBY v tekhnologii funktsionalnykh produktiv [Use of kombucha and SCOBY culture in the technology of functional products]. In *Promyslovist ta kraft dlia HoReCa v turyzmi: dosvid, problemy, innovatsii: materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (pp. 69–71). National University of Food Technologies.
- Feng, T., Zhang, T., Yao, L., Sun, M., & Kang, W. (2026). Metagenomic and metabolomic insights into kombucha fermentation with *Stevia rebaudiana* as a substrate. *Food Bioscience*, 76, Article 108261. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2026.108261>
- Goryn Y., Bulii, Y., & Mukoid, R. (2025). Innovative technologies for the production of functional beverages using *Stevia rebaudiana* as a natural sweetener. *Human Health and the Nation*, 1(25), 112–119. <https://doi.org/10.61363/8zyy5b06>
- Koval'ska, L., & Savchenko, O. (2023). Craft beverages as a tool for increasing the attractiveness of gastronomic routes in Ukraine. *Economy and Society*, 48. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-112>
- Leal, J. M., Suárez, L. V., Jayabalan, R., Oros, J. H., & Escalante-Aburto, A. (2020). A review on health benefits of kombucha tea in metabolic disorders. *Food Chemistry*, 327, 127068. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127068>
- Li, Y., Wang, J., Zhang, X., & Liu, H. (2023). *Stevia (Stevia rebaudiana)* extract ameliorates insulin resistance by regulating mitochondrial function and oxidative stress in the skeletal muscle of db/db mice. *Food & Function*, 14(4), 2115–2127. <https://doi.org/10.1039/D2FO03222A>
- Prybyl'skyi, V., & Dulka, O. (2024). Perspektyvy rozvytku kraftovoho vyrobnytstva napoiiv v Ukraini [Prospects for the development of craft beverage production in Ukraine]. *Journal of Food Resources*, 12(22), 45-53.
- Rahmawati, L. K. (2025). Changes in the quality of kombucha during fermentation: A study of microbial, physicochemical and sensory attributes. *Jurnal Inovasi Pangan Dan Gizi*, 2(2), 127–141. <https://doi.org/10.61511/jipagi.v2i2.2243>
- Sigala, M. (2020). Tourism and hospitality management and strategy in the age of the pandemic. *International Journal of Hospitality Management*, 91, 102652. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102652>

- Sivakumar, S., Arumugam, M., & Raja, R. (2026). Synergistic effect of *Stevia rebaudiana* and alternative botanical substrates on the probiotic potential and metabolic profile of Kombucha. *Food Bioscience*, 64, Article 108261. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2026.108261>
- Umar, A. U., Ahmed, Q. U., Muhammad, B. Y., Dogarai, B. B. S., & Soad, S. Z. M. (2023). Anti-hyperglycemic and antioxidant properties of *Stevia rebaudiana* infused kombucha: In vitro and in vivo studies. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23, Article 203. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04033-5>
- Wan N. B. W. D. & Seow, E. K. (2025). The effect of white sugar, palm sugar, and stevia on characteristics of kombucha. *Junior Science Communication*, 5(2), 22–30.