

ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ НА ОСНОВІ ФЕРМЕНТОВАНОГО *LACTOBACILLUS* *ACIDOPHILUS* ЯБЛУЧНОГО СОКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ

О.А. ШИДЛОВСЬКА,

кандидат біологічних наук,

доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра

<http://orcid.org/0000-0002-6926-3672>

Київський національний університет технологій та дизайну

А.І. КОЙБА,

студентка факультету хімічних та біофармацевтичних технологій,

<http://orcid.org/0009-0000-3367-2936>

E-mail: nastya17koyba@gmail.com

Анотація. Мета статті полягає у висвітленні результатів дослідження параметрів процесу ферментування яблучного соку для отримання на його основі нових видів натуральних ферментованих соків. Метою цього дослідження було оцінити вплив молочнокислої бактерії *Lactobacillus acidophilus* на смаковий профіль та кількість макро- і мікроелементів ферментованого яблучного соку. Проведені дослідження спрямовані на підвищення біологічної цінності яблучного соку шляхом ферментування *L. acidophilus*. Ферментування соку проводили паралельно з додаванням глюкози на початку ферментації та без додаткової глюкози. Вимірювання концентрації магнію, глюкози, калію, проводили за розробленою методикою ТОВ НВП «ФІЛІСІТ-ДІАГНОСТИКА». Кількісне визначення вітаміну С проводили методом йодометричного титрування, а кислотність вимірювали потенціометричним методом. Для порівняння середніх значень та виявлення достовірних відмінностей ($p < 0,05$) між групами застосовували критерій Вілкоксона. На основні отриманих даних зроблено висновок, що концентрація магнію підвищується у разі використання соку без додавання глюкози, а от у соці з глюкозою змін показника магнію не спостерігали. Крім того, під час дослідження вмісту вітаміну С визначили, що концентрація вітаміну С підвищилася у разі використання соку з додавання глюкози, натомість у соці без доданої глюкози змін не спостерігали. Рівень глюкози до й після ферментації в обох експериментах не змінився. Уміст калію в соці із додаванням глюкози менший. Показник загальної кислотності підвищилися при використанні соку

без додавання глюкози, а от в соці з глюкозою змін не відбулося. Ці результати можуть бути корисними для визначення внеску *L. acidophilus* як окремого компоненту в ферментованих соках.

Ключові слова: *Lactobacillus acidophilus*, ферментовані соки, мікроелементи, мікроелементи, біохімічні процеси

Вступ.

В останні роки все більше уваги приділяється виробництву напоїв, що містять ферменти, органічні речовини та мінерали. Різноманітність цих напоїв постійно збільшується завдяки розвитку нових технологій. Молочні продукти є невід'ємною частиною щоденного раціону. Але основною причиною відмови від молока є непереносимість молочного цукру (лактози). Виробництво безлактозних молочних продуктів здійснюється з використанням відповідних ферментів і молекулярних сит. Оскільки молоко та молочні продукти є цінними джерелами необхідних поживних речовин, їхнього виключення з раціону призведе до недостатнього надходження багатьох корисних речовин, що призведе до зниження фізичної працездатності та рівня стійкості до захворювань та інших несприятливих чинників довкілля. Тому перспективним рішенням цієї проблеми є технологія виробництва безлактозних або низьколактозних продуктів.

Порівняння різних груп безлактозних напоїв із погляду лікувально-профілактичного та загальнооздоровчого впливу на організм людини показує, що найбільш перспективними є ферментовані напої (зброджені напої). Їхня активна оздоровча дія зумовлена не лише використанням виключно натуральної рослинної сировини, а й застосуванням у техноло-

гічному процесі культур мікроорганізмів корисних для людини.

Сьогодні фармацевтична промисловість приділяє велику увагу розробці продуктів харчування з використанням живих мікробних культур як біологічних добавок. Стратегія їхнього створення зводиться переважно до забезпечення фізіологічних потреб організму людини в певних біологічно активних речовинах. Одним зі способів вирішення цієї проблеми є створення різноманітних молочних продуктів. Додавання до складу кисломолочних продуктів спеціально відібраних штамів молочнокислих бактерій і біфідобактерій може забезпечити людям будь-якого віку краще засвоєння кальцію, знизити рівень холестерину в крові, активізувати утворення мікробної лактази й задовольнити потреби організму людини (Kalinichenko S.V. et al., 2013).

Лактобактерії дуже поширені в природі. Вони є основними мікроорганізмами ротової порожнини та шлунково-кишкового тракту людини та тварин. Вони містяться в рослинах, ґрунті, молочних і м'ясних продуктах. Також їх можна виділити з квашеної капусти. Молочна кислота, яку вони виробляють, пригнічує ріст і розмноження бактерій, що спричиняють гниття. Лактобацили вводять до складу різних лікувально-профілактичних препаратів, біологічних добавок для підвищення діяльності шлунково-кишкового тракту людини

і тварин. Більшість видів молочно-кислих паличок використовують у молочній промисловості для приготування молочнокислих напоїв, сметани, сиру та в розсолі для маринування овочів і фруктів, у пивоварінні та виноробстві (Starovoitova A.A. 2017).

Lactobacillus acidophilus — вид кишкових мікроорганізмів, які можна виділити з вмісту травного тракту людини і різних тварин. Після культивуванні в молоці ацидофільні бактерії можуть відновлюватися в кишечнику людини і пригнічувати там ріст патогенних і небажаних мікроорганізмів (сальмонел, шигел, стафілококів) (Solomon A.M., et al., 2013), *L.acidophilus* ферментує амігдалін, целлобіозу, глюкозу, лактозу, галактозу, фруктозу, сахарозу, рафінозу, декстрин,саліцин, трегалозу, мальтозу, маннозу, не ферментує ксилозу, рамнозу, мелібіозу, маніт, арабінозу, рафінозу, гліцерин (Kigel, N.F., et al., 2010).

Створення лікувально-профілактичних препаратів на основі мікробних пробіотичних штамів є одним із актуальних завдань сучасної біотехнології. Більшість пробіотичних препаратів засновані на біфідобактеріях і лактобактеріях, оскільки ці бактерії є частиною нормальної мікробіоти травного тракту і відіграють важливу фізіологічну роль у функціонуванні мікроекосистеми здорових людей. З огляду на накопичені дані, розробка комплексних рецептур багатьох різних типів пробіотичних штамів вважається доцільною та перспективною (Strashnova, I.V. et al., 2022).

Лактобактерії, які використовуються у виробництві пробіотичних препаратів, повинні відповідати таким вимогам: мати високу здатність до адгезії до клітин; попереджувати

або послаблювати адгезію патогенів; зберігати життєздатність та розмножуватися; утворювати кислоти, перекис водню та бактеріоцини як антагоністів росту патогенних мікроорганізмів; бути безпечними і сприяти формуванню нормальної збалансованої мікрофлори організму господаря.

Перспективними для приготування ферментованих напоїв є комбінація таких молочнокислих бактерій, як *Lactobacillus acidophilum*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus bulgaricum* та дріжджів *Candida*, *Torula lactis*; оцтовокислих бактерій *Acetobacter lovaniensis*, пропіоновокислих бактерій *Propionibacterium shermanii* та молочнокислих бактерій *Lactobacillus acidophilum*; оцтовокислих бактерій роду *Gluconobacter oxydans* і дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*; молочнокислих бактерій *Lactobacillus delbrueckii* та цвілевих грибів *Aspergillus oryzae* (Lapytska N.V., 2021).

Натуральні пробіотики збільшують вироблення вітамінів групи В, травних ферментів, укріплюють імунну систему організму. Ферментовані напої рекомендовано вживати для профілактики виникнення шкірних захворювань, алергії, онкозахворювань (Suchy, F.J., 2021). Мікро- та мікроелементи необхідні для людського організму. Магній впливає на енергетичний обмін, окиснювальне фосфорилування, він задіяний у процесах біосинтезу білків, ліпідів та нуклеїнових кислот (Strashnova I.V. et al., 2010). Натрій та калій, які присутні в організмі у вигляді іонів Na⁺ та K⁺, відіграють визначальну роль у підтриманні мембранного потенціалу клітин та генерації нервового імпульсу, скороченні м'язів, регуляції

осмотичної та кислотно-лужної рівноваги, водно-електролітному обміні (Faizullin, O.V. et al., 2019).

У дослідженні ферментованого *L. plantarum* напою ферментація капустино-яблучного соку відбувається за 15°C упродовж 5 днів. Значення на основі капустино-яблучного соку вміст загальних вільних цукрів був значно нижчим у соку після ферментації, ніж у соку до ферментації. У капустино-яблучного соку ферментованого *L. plantarum* зафіксовано, що вміст загальних органічних кислот був значно вищим у соку після ферментації, ніж у соку до ферментації. Уміст оцтової та молочної кислот був високим у соку після ферментації, тоді як вміст лимонної та фумарової кислот був вищим у соку до ферментації, ніж у соку після ферментації (Park S. et al., 2020).

Також є дослідження змін концентрацій вітаміну С, калію та магнію на прикладах інших фруктових соків, таких як ананасовий, апельсиновий, грушевий, томатний та кавунний. Стерилізований, пастеризований фруктовий сік культивували за 34°C упродовж 48 годин. У статті наведено, що після ферментації соків *L. plantarum* NRRL-D-14768 вітаміну С у цих 5 фруктових соках зменшився під час ферментації з кінцевим діапазоном 0,1-9,9 мг/100 мл за 48-годинної ферментації. Але було зафіксовано, що кінцева концентрація вітаміну С в апельсиновому соку була в 5 разів вищою, ніж в інших фруктових соках після 48-годинного культивування. Також у досліді проводили аналіз на зміну концентрацій магнію та калію до та після ферментації 5 соків *L. plantarum*. Уміст калію в апельсиновому, ананасовому, грушевому, томатному та соку з кавуна капісля

48-годинної ферментації підвищився. Вміст магнію збільшився у всіх досліджених соках, окрім соку з кавуна – його значення вмісту калію зменшились (Zeng, H., et al., 2021).

В іншому досліді ферментували яблучний сік 4 штамами молочно-кислих бактерій (LAB): *L. acidophilus* NCFM, *L. rhamnosus* LGG, *L. plantarum* ST-III і *L. casei*. Проаналізували 4 найпоширеніші органічні кислоти у зразках: яблучну кислоту, молочну кислоту, пірвовиноградну кислоту та оцтову кислоту. Середні концентрації яблучної кислоти становили 3,35 мг/мл перед ферментацією. Концентрація яблучної кислоти у всіх зразках помітно знизилася з кінця бродіння впродовж усього періоду зберігання. Загалом, виробництво молочної кислоти відповідає зменшенню яблучної кислоти, що продемонструвало, що яблучно-молочне бродіння відбувається під час бродіння яблучного соку за допомогою LAB. Концентрації пірвовиноградної кислоти в усіх зразках знижувалися впродовж усього терміну зберігання. Концентрація оцтової кислоти мала тенденцію до зростання для всіх зразків упродовж усього періоду зберігання в холодильнику.

Електронний ніс виявив різноманітні профілі смаку в яблучному соку, ферментованому різними LAB, *L. acidophilus* NCFM, *L. rhamnosus* LGG, *L. plantarum* ST-III і *L. casei* LC2W. Летючий склад оцінювали за допомогою вільного простору (HS)-SPME/GC-MS. Леткі сполуки зразків, що містять *L. rhamnosus* LGG, *L. plantarum* ST-III і *L. casei* LC2W, очевидно, що *L. acidophilus* NCFM мав більш виражений вплив на летючі характеристики ферментованого яблучного соку. Загальна концентра-

ція спиртів у ферментованих зразках була принаймні в 10 разів більшою, ніж у неферментованому соку, що вказує на те, що більшість спиртів утворилася в результаті бродіння LAB. Це відкриття вказує на те, що ці сполуки є ключовими чинниками аромату яблучного соку. Сполука 2-етилгексанол, яку в основному отримують гідруванням альдегідів, має квітковий та фруктовий аромат. Дві найвищі концентрації цієї сполуки спостерігалися в яблучному соку, ферментованому *L. casei* (335,64 мкг/кг) і *L. rhamnosus* (330,43 мкг/кг). Найзначнішими сполуками, які вплинули на смак ферментованого яблучного соку, були етилацетат і етилбутират. Концентрація етилацетату в усіх зразках зросла, починаючи з кінця ферментації до 14 дня зберігання ($p < 0,05$), а потім знизилася до кінця періоду зберігання. Зразки з *L. acidophilus* показали найвищу концентрацію (11,20 мкг/кг) на 14 день (Chen Chen et al., 2019).

Дослідження ферментації фруктових соків націлені на визначення важливих показників вмісту мікро- та мікроелементів, вмісту вітамінів та визначення органолептичних показників. Серед відомих досліджень, саме *L. acidophilus* мають визначальний вплив на зміну органолептичних показників соків під час ферментації, проте недостатньо висвітлено вплив цього штаму на вміст макро- та мікроелементів, а також вітамінів. За аналогією із дослідженнями на інших видах LAB можна припустити, що *L. acidophilus* також матимуть вплив на концентрації мікро- та макроелементів в кінцевому продукті. До того ж, у попередніх дослідженнях не було враховано етап підсоложування соку, адже для LAB наявність глюкози в

середовищі відіграє ключову роль у ферментаційних процесах.

Саме тому, метою дослідження було встановити та порівняти вплив *L. acidophilus* на концентрацію мікро- та макроелементів, а також вмісту вітаміну С до ферментації фруктового соку та після, відповідно з додаванням глюкози та без її додавання на початку ферментації.

Матеріали та методи дослідження.

Основна ферментація проводилася в середовищі на основі фруктового соку, який складався з свіжовичавленого яблучного соку сорту Голден. Фруктовий сік перед початком ферментації пастеризували за схемою подвійного нагрівання до 90°C та різкого охолодження до 20°C. Бродіння проводилося в колбах об'ємом соку по 250 мл, і в один із зразків додали глюкозу в кінцевій концентрації 2%.

Попередньо культуру *L. acidophilus* вирощували в статичних анаеробних умовах на рідкому середовищі MRS упродовж 48 год за 37°C. У разі досягнення 2 ОГ стерильно додавали культуру до яблучного соку в пропорції 1:50 та ферментували 48 годин за температури 37°C.

У трьох повторностях за допомогою спектрофотометра та титриметричних методів було зафіксовано показники магнію, глюкози, вітаміну С, калію, загальної кислотності та концентрації яблучної кислоти до та після ферментації в двох експериментах: без додавання глюкози та з додаванням глюкози.

Вимірювання концентрації магнію, глюкози, калію, проводили за методикою компанії ТОВ НВП «ФІЛІ-

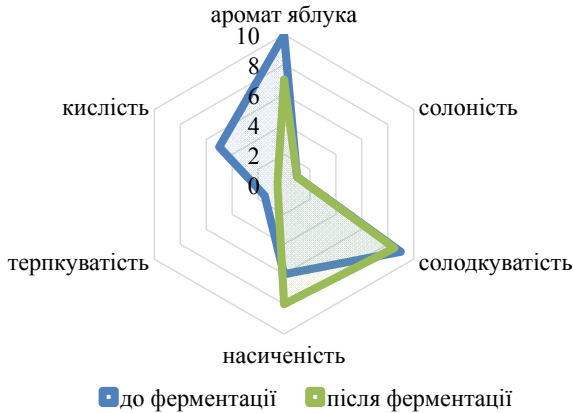


Рис.1. Органолептичні показники яблучного соку без додавання глюкози

СИТ-ДІАГНОСТИКА» (Han M. et al., (2021).

Кількісне визначення вітаміну С проводили методом йодометричного титрування, а кислотність вимірювали потенціометричним методом.

Після бродіння впродовж 48 годин за температури 37°C, також у трьох повторностях за допомогою спектрофотометра та титриметричних методів фіксували отримані показники.

Для порівняння середніх значень та виявлення достовірних відмінностей ($p < 0,05$) між групами застосовували критерій Вілкоксона.

Результати та їх обговорення

Для порівняння властивостей яблучного соку до та після двох діб ферментації з додаванням та без додавання глюкози на початку ферментації аналізували органолептичні показники, вміст магнію, калію, глюкози, вітаміну С та кислотність.

Одним з ключових показників для порівнювання яблучного соку до та після ферментації, відповідно з додаванням глюкози та без, є органо-

лептичні показники, результати яких графічно висвітлено в рисунку 1, 2.

Під час дослідження органолептичних показників було встановлено, що сік без додавання глюкози після ферментації *L. acidophilus* втрачає аромат яблука на 30%, терпкість на 66,7% та кислість на 83,3%. Проте загальна насиченість підвищується на 25,0% (рис.1).

Інша картина спостерігається при додаванні глюкози на початку ферментації. Підвищується солодкуватість на 10,0% та насиченість на 46,7%. Аромат яблука залишається незмінним, проте, він є меншим, ніж за використання соку без додавання глюкози як до, так і після ферментації – відповідно на 50,0% та 28,6% (рис.2).

Важливими сполуками для формування аромату ферментованого *L. acidophilus* яблучного соку є ефірні сполуки, серед яких можна виділити гексилацетат, етилбутират і бутилацетат. Гексилацетат і етилбутират надають фруктовий і солодкий запах. Ферментація соку з використанням *L. acidophilus* збільшує вміст етилацетату, що надає кінцевому продукту ананасовий аромат. Етилгептилат, мети-

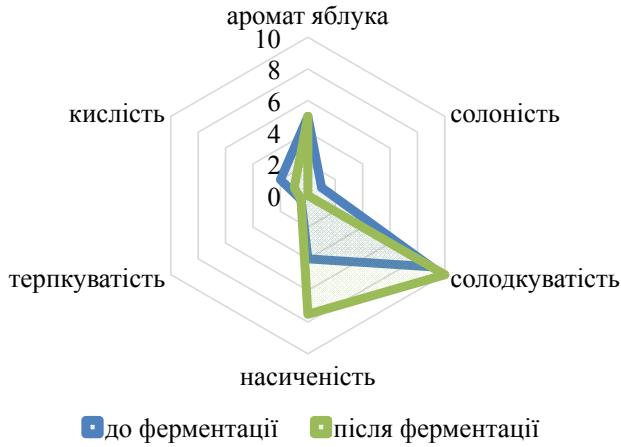
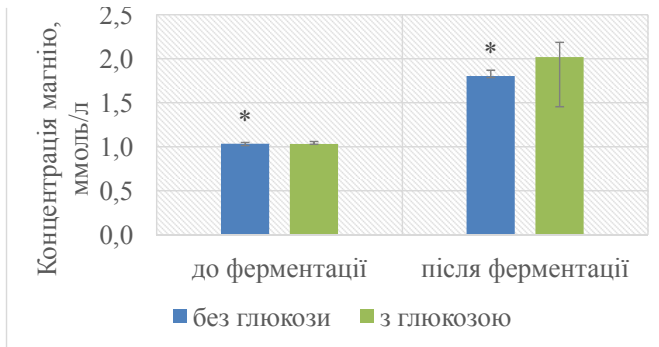


Рис.2. Органолептичні показники яблучного соку з додавання глюкози



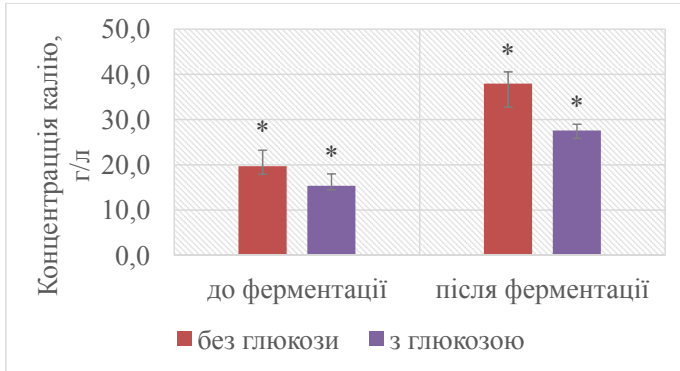
* $p < 0.05$

Рис.3. Концентрація магнію в досліджуваних зразках яблучного соку

локтаноат і пропілпропаноат надають ферментованому соку фруктового, апельсинового та ананасового ароматів. Також, сполуками, що формують органолептику є летючі речовини, такі як спирти. Домінуючим спиртом у ферментованому яблучному соці є гексанол, який сприяє відчуттю солодощів та квітів. Етанол надає сокам солодший запах, а пентанол – запахи квітів і зелені (Szutowaska J., 2020). Порівнюючи дані з отриманими в експерименті, можна зробити висновок, що підвищення загальної насиченості продукту може бути зумовле-

но якраз формуванням фруктових та солодких ароматів, що забезпечується продукцією ефірів та етанолу.

У роботі аналізували показник магнію до й після ферментації у двох експериментах: без додавання глюкози та з додаванням глюкози (рис.3). Встановлено, що концентрація магнію підвищується достовірно на 42,7% за використання соку без додавання глюкози ($p < 0,05$). А от у соці з глюкозою достовірної зміни показника магнію не спостерігається. Рівень магнію в соці до ферментації з додаванням та без додавання глюкози знаходиться на



* $p < 0.05$

Рис.4. Концентрація калію в досліджуваних зразках яблучного соку

одному рівні – 1,0 ммоль/л.

У дослідженні з ферментованими *L. plantarum* NRRL-D-14768 фруктовими соками вміст магнію збільшується у всіх досліджених соках: в апельсиновому, ананасовому, грушевому та томатному, окрім соку з кавуна – вміст магнію зменшується з $90 \pm 7,3$ мг/100 мл до $86 \pm 6,5$ мг/100 мл (Zeng, H. et al., 2021). Отримані дані доповнюють відомі з літератури факти. На основі даного аналізу можна зробити висновок, що концентрація магнію дійсно збільшується під час ферментації соків з використанням лактобацил. Проте, якщо на початку ферментації до соку внести додатково глюкозу, то достовірної зміни концентрації магнію спостерігатися не буде. Це означає, що глюкоза має негативний вплив на продукцію магнію *L. acidophilus* в яблучному соці.

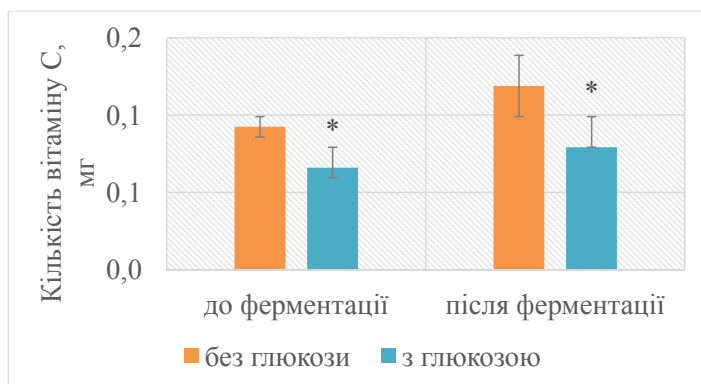
Уміст калію в соці із додаванням глюкози менший, проте рівень накопичення калію в соці не залежить від додавання глюкози (рис.4). Під час роботи встановили, що концентрація калію підвищується достовірно на 48,1% у разі використання соку без додавання глюкози. В іншому зраз-

ку, з додаванням глюкози на початку ферментації, показник достовірно підвищується на 44,3% ($p < 0,05$). Цікаво, що рівень калію у соці без додавання глюкози вище і складає 19,7 г/л до ферментації, в той час як в соці з додаванням глюкози – 15,4 г/л.

Дані з дослідження інших авторів вказують на підвищення вмісту калію в апельсиновому, ананасовому, грушевому, томатному та соку з кавуна після 48-годинної ферментації з *L. plantarum* NRRL-D-14768. У середньому уміст калію у зразках соків збільшився на 13-279 мг/100 мл соку (Zeng, H. et al., 2021).

Отже, отримані в роботі дані корелюють з відомим фактами і під час ферментації яблучного соку за допомогою *L. acidophilus* відбувається підвищення вмісту калію. І даний процес відбувається незалежно від вмісту глюкози в соці.

При дослідженні вмісту вітаміну С визначили, що концентрація вітаміну С підвищилася достовірно на 16,7% під час використання соку з додаванням глюкози на початку ферментації (рис.5). Натомість у соці без доданої глюкози достовірної зміни



* $p < 0.05$

Рис.5. Кількість вітаміну С в досліджуваних зразках яблучного соку

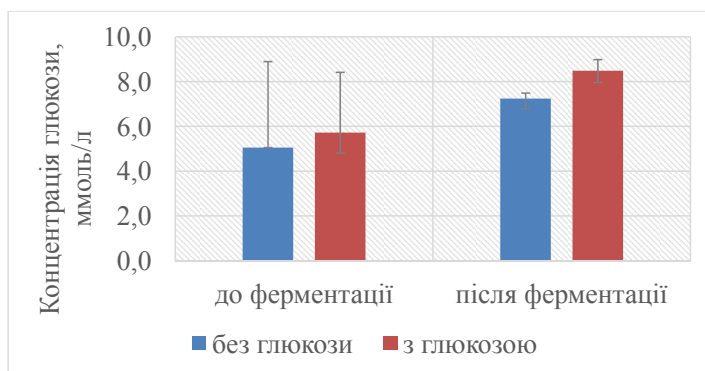


Рис.6. Концентрація глюкози

показника вітаміну С не спостерігали ($p < 0,05$).

Існує безліч наукових досліджень щодо змін концентрацій вітаміну С у ферментованих яблучних соках молочнокислими бактеріями. Так, наприклад, досліджено, що після 12 годин бродіння яблучного соку кешью *L. plantarum* і *L. casei* вміст вітаміну С зріс і згодом залишився на постійному рівні. Водночас використання *L. acidophilus* і *L. casei* призвело до зниження вмісту вітаміну С на кілька відсотків після 48 годин молочнокислого бродіння (Szutowska, J. 2020). Отримані в експерименті дані корелюють

з результатами цього дослідження. Використання одного штаму *L. acidophilus* без додавання інших штамів збільшує концентрацію вітаміну С після 48 год ферментації, але лише за умови додавання глюкози на початку ферментації. Можна зробити висновок, що без внесення додаткової глюкози на початку ферментації показник вітаміну С або не змінюється, або знижується. Проте, у разі внесення глюкози на початку ферментації яблучного соку спостерігається достовірно підвищення кількості вітаміну С. Ці результати можуть бути використані в подальших дослідженнях для вста-

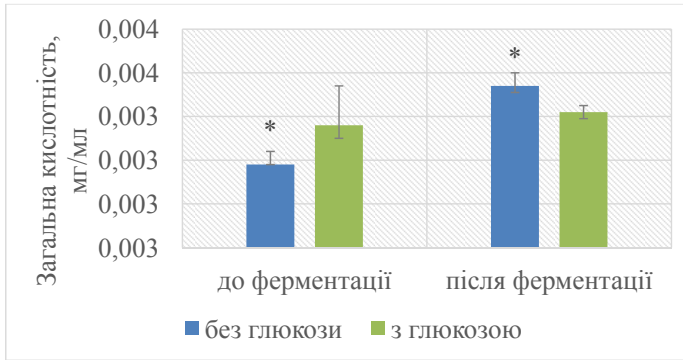


Рис.7. Загальна кислотність досліджуваних зразків яблучного соку

новлення можливості регуляції синтезу вітаміну С в кінцевому продукті.

Рівень глюкози до і після ферментації в двох експериментах: без додавання глюкози та з додаванням глюкози достовірно не змінюється ($p < 0,05$), (рис.6).

Натомість, у досліді з капустино-яблучним соком ферментованим з використанням *L.plantarum* значення глюкози до ферментації складало 3,22 г/100мл, а після ферментації зменшилось до 2,17 г/100мл ($p < 0,001$) (Park, S. et al., 2020). Тобто, відбувається достовірне зниження, що вказує на асиміляцію глюкози молочнокислою бактерією *L.plantarum*. У нашій роботі, відсутність змін у концентрації глюкози може вказувати на процеси розпаду дисахаридів та полісахаридів в складі яблучного соку, що призводить до нівелювання зменшення кількості глюкози в ході її асиміляції *L. acidophilus*. Оскільки в роботі нами не було отримано достовірних даних щодо зміни вмісту глюкози, зміна даного показника потребує додаткових досліджень.

Показник загальної кислотності підвищився достовірно на 10,2% при використанні соку без додавання глюкози ($p < 0,05$), (рис.7). А от в соці

з глюкозою достовірної зміни показників не відбулося.

У дослідженні загальна кислотність капустино-яблучного соку ферментованого *L.plantarum* збільшилась з 1,03 г/100мл до 2,13 г/100мл ($p < 0,001$) [Zeng, H. et al., 2021]. В іншому досліді ферментували яблучний сік чотирма штамами LAB: *L. acidophilus* NCFM, *L. rhamnosus* LGG, *L. plantarum* ST-III і *L. casei* LC2W. Концентрація яблучної кислоти у всіх зразках помітно знизилася до кінця бродіння впродовж усього періоду зберігання, і ця тенденція була особливо виражена для зразків, що містять *L. acidophilus* (Chen Chen, et al., 2019). Порівнюючи отримані експериментальні та теоретичні дані, можна сказати, що у разі використання *L. acidophilus* тільки для ферментації чистого яблучного соку загальна кислотність без додаткового внесення глюкози збільшується. Іншими словами, показник кислотності залежить від умов ферментування та виду молочнокислої бактерії, що використовується. Отримані результати можуть бути використані в подальших дослідженнях для встановлення можливості регуляції концентрацій кислотності в кінцевому продукті.

Висновки і перспективи.

Отже, виконавши ряд досліджень, можна узагальнити дані та зробити висновок, що із додаванням *L. acidophilus* в яблучний сік, спостерігається ряд підвищень концентрацій мікро- та макроелементів. Після ферментації було зафіксовано зростання концентрації вітаміну С, магнію, показники загальної кислотності, але за умови не внесення глюкози на початку ферментації. Натомість, рівень накопичення калію в соці підвищується в будь-якому випадку та не залежить від додавання глюкози, а от змін концентрацій глюкози в соці не зафіксовано. На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що додавання глюкози до ферментації пригнічує збільшення корисних властивостей соку. Бактеріальний штам, який використовується для бродіння, робить ключовий внесок у глобальному профілі смаку ферментованого соку. Отримані результати дають основу для подальших досліджень для встановлення найефективніших параметрів ферментації. Крім того, необхідні додаткові дослідження щодо контролю процесу бродіння та виявлення ключових сполук, що утворюються під час бродіння та зберігання соку. Проведені дослідження підтверджують доцільність використання яблучного соку для підвищення його біологічної цінності.

References

1. Kalinichenko S.V., Babykh E.M., Ryzhkova T.A., Maslii I.G., Korotkykh O.O., Danilina S.S., Solianik O.G., Shykova O.A., Sklyar N.I., Tkach L.N., Balak A. K., Nemkova S.M., Desiatnikova O.V. The modern state of development and application of probiotics, prebiotics and synbiotics. *Annals of Mechnikov Institute*, N 3, 2013 www.imiamn.org.ua/journal.htm, (3), 5–12.
2. Starovoitova A. A. The study guide is compiled in accordance with the program of the study discipline "Microbiology of milk and milk products". Bila Tserkva, 2017. 153 c.
3. Solomon A.M., Kazmiruk N.M., Tuzova S.D. Microbiology of food production: a study guide for students of the field of training "Food technologies". Vinnytsia: RVV VNAU, 2020. 312 p.
4. Kigel, N. F., Shulga, N. M. (2010). Bacterial strain of *Lactobacillus acidophilus* used in the production of fermentation cultures for rennet cheeses (Patent of Ukraine No. 91417).
5. Strashnova, I. V., Yamborko, G. V., Vasylieva, N. Yu. (2022). Antagonistic activity of probiotic strains of *Lactobacillus* during co-cultivation. *Microbiology and biotechnology*, (1), 45–57. DOI: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2022.1\(54\).254024](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2022.1(54).254024)
6. Lapytska N. V. Technology of drinks, extracts and concentrates: education. manual for students institutions of higher education / edited by doctor of technology Sciences, Prof. O. I. Syzoi. Chernihiv: NUChK named after T.G. Shevchenko, 2021. 217 p.
7. Haydamaka, M.V. (2021). Fermented beverages as a functional ingredient in the production of bakery products. *Materials of the International Student Scientific and Technical Conference "Natural and Humanities. Current issues"*, 59-59.
8. Suchy, F. J., Brannon, P. M., Carpenter, T. O., Fernandez, J. R., Gilsanz, V., Gould, J. B., Hall, K., Hui, S. L., Lupton, J., Mennella, J., Miller, N. J., Osganian, S. K., Sellmeyer, D. E., & Wolf, M. A. (2010). NIH consensus development conference statement: Lactose intolerance and health. *NIH consensus and state-of-the-science statements*, 27(2), 1–27.

9. Faizullin, O. V., Bezdrovna, K. S., Shulga, L. I. (2019). Functional relationship between the elemental balance in the human body and the state of the digestive system. Collection of scientific works of employees of NMAPO named after P.L. Shupyka, (33), 63–73.
10. Park, S., Son, H. K., Chang, H. C., & Lee, J. J. (2020). Effects of Cabbage-Apple Juice Fermented by *Lactobacillus plantarum* EM on Lipid Profile Improvement and Obesity Amelioration in Rats. *Nutrients*, 12(4), 1135. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12041135>
11. Zeng, H., Shuai, Y., Zeng, X., Xin, B., Huang, M., Li, B., ... & Wang, C. (2021). Evaluation of health-related composition and bioactivity of five fruit juices following *Lactobacillus plantarum* fermentation and simulated digestion. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(2), 648-660. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14713>
12. Chen Chen, C. Chen, Yanqing Lu, Y. Lu, Haiyan Yu, H. Yu, Zeyuan Chen, Z. Chen, & Huaixiang Tian, H. Tian. (2019). Influence of 4 lactic acid bacteria on the flavor profile of fermented apple juice. *Food bioscience*, 27, 30-36. DOI: 10.1016/j.fbio.2018.11.006 <http://felicit.com.ua/instructions/?lang=uk> (дата звернення:14.03.2023)
13. Han, M., Wang, X., Zhang, M., Ren, Y., Yue, T., & Gao, Z. (2021). Effect of mixed *Lactobacillus* on the physicochemical properties of cloudy apple juice with the addition of polyphenols-concentrated solution. *Food Bioscience*, 41, 101049. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101049>
14. Szutowska, J. (2020) Functional properties of lactic acid bacteria in fermented fruit and vegetable juices: a systematic literature review. *Eur Food Res Technol* 246, 357–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03425-7>

Koiba A.I. , Shydlovska O.A. (2023)

OBTAINING A FUNCTIONAL PRODUCT BASED ON FERMENTED LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS APPLE JUICE AND STUDYING ITS PROPERTIES.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 14(1-2): 13-25.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/42705>

[http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14\(1-2\).2023.004](http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14(1-2).2023.004).

Abstract. The purpose of the article is to highlight the results of research on the parameters of the fermentation process of apple juice to obtain new types of natural fermented juices based on it. The aim of this study was to evaluate the effect of the lactic acid bacterium *Lactobacillus acidophilus* on the taste profile and amount of macro- and microelements of fermented apple juice. The conducted research is aimed at increasing the biological value of apple juice by fermentation of *L. acidophilus*. Juice fermentation was carried out in parallel with the addition of glucose at the beginning of fermentation and without additional glucose. Magnesium, glucose, and potassium concentrations were measured according to the methodology developed by FILISIT-DIAGNOSTIKA LLC. The quantitative determination of vitamin C was carried out by the method of iodometric titration, and the acidity was measured by the potentiometric method. The Wilcoxon test was used to compare mean values and identify significant differences ($p < 0.05$) between groups. Based on the main data obtained, it was concluded that the concentration of magnesium increases when using juice without the addition of glucose, but no changes in the magnesium index were observed in juice with glucose. In addition, when examining the content of vitamin C, it was

determined that the concentration of vitamin C increased when using juice with the addition of glucose, but no changes were observed in the juice without added glucose.

The level of glucose before and after fermentation did not change in both experiments. The potassium content in the juice with the addition of glucose is lower. The indicator of total acidity increased when using juice without the addition of glucose, but there were no changes in juice with glucose. These results may be useful for determining the contribution of *L. acidophilus* as an individual component in fermented juices.

Key words: *Lactobacillus acidophilus*, fermented juices, trace elements, trace elements, biochemical processes
