

УДК 054.5:613.31

ІННОВАЦІЙНА ХАРЧОВА БІОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАПОЮ З БАКТЕРИЦИДНИМ ЕФЕКТОМ ЗА УМОВ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСУ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД

¹А. В. Пасенко, ²І. О. Солошич

¹Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Університетська, 20, 39600, Кременчук, Україна

pasenkoalena2015@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-1108-0408>

²Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Університетська, 20, 39600, Кременчук, Україна

soloishych@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-8842-5120>

Розробка інноваційних рішень щодо підвищення якості харчової продукції на основі підземних мінеральних вод за умов раціонального їх використання сприятиме наближенню країни до європейських вимог законодавства щодо користування водними ресурсами, їх екологічно спрямоване відновлення та захист. Одним із напрямів щодо забезпечення ресурсозбереження мінеральних вод та джерел прісної питної води є максимальне використання їх цінних харчових складових, особливо в умовах урбанізованих густо заселених територій. Використання імуномодельючих добавок в мінеральних водах не тільки покращить показники якості напоїв, а й сприятиме оптимізації використання ресурсу підземних вод. Надання питному продукту імуномодельючих властивостей з бактерицидним ефектом забезпечуватиме організм споживача комплексом вітамінів, біологічно активних речовин за менш короткий термін, ніж звичайна мінеральна вода. Метою роботи є аналіз інноваційної харчової біотехнології отримання функціонального напою з бактерицидним ефектом за умов оптимізації використання ресурсу мінеральних вод. Об'єктом дослідження у роботі є біотехнологія отримання екологічно безпечного питного продукту з імуномодельючими властивостями. Предметом роботи є дослідження якості питного продукту на основі мінеральної води при додаванні імуномодельючого рослинного екстракту для підвищення імунного статусу населення в умовах воєнного стану. У роботі використані теоретичні методи (аналіз, синтез, узагальнення, порівняння та систематизація наукових джерел і нормативних документів), емпіричні методи (оцінка показників якості питної води; метод визначення санітарно-гігієнічного показника колі-індексу; метод визначення мікробного числа; біотестування), методи інтерпретації та узагальнення результатів, які дозволили оцінити основні показники якості функціонального імуномодельючого напою з бактерицидним ефектом. Наукова новизна роботи полягає у додаванні імуномодельючого рослинного екстракту на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* для надання функціональних властивостей питній, мінеральній воді торгової марки BUVETTE як важливого харчового продукту щоденного використання, що сприятиме підвищенню популяційного здоров'я та імунного статусу представників населення. Практичною цінністю роботи є отримання функціонального імуномодельючого напою з бактерицидним ефектом за умов оптимізації використання ресурсу мінеральних вод, що сприятиме збереженню природних вод. Визначено, що якість вихідної мінеральної води природного походження торгової марки BUVETTE ТОВ «Ізумруд-ЛТД» та функціональні напої з додаванням біоактивних рослинних екстрактів на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* відповідають нормативним вимогам за органолептичними показниками та результатами біотестування. Додавання до напоїв імуномодельючого рослинного екстракту покращує їх якість за санітарно-гігієнічними показниками, про що свідчить зниження мікробного числа питних напоїв більше ніж на 60 % порівняно з контролем, а показники колі-індексу досягають нульових значень. Це підтверджує бактерицидну дію напоїв завдяки додаванню біологічно активних речовин у складі рослинних екстрактів, що сприятиме підвищенню імунної відповіді та зниженню захворюваності у споживачів.

Ключові слова: інноваційна харчова біотехнологія, екологічні проблеми водних ресурсів, мінеральні води, якість питної води, функціональний напій, імуномодельючий екстракт, *Echinacea purpurea*, *Citrus limon*, бактерицидна дія, біотестування, санітарно-гігієнічні показники якості води, мікробне число, колі-індекс, *Escherichia coli*.

1. ВСТУП

Проблема дефіциту якісної питної води є однією з ключових для сучасної харчової промисловості, зокрема у виробництві безалкогольних напоїв. Вода виступає основним компонентом такої продукції, тому її фізико-хімічні та мікробіологічні показники безпосередньо впливають на безпечність, органолептичні властивості та стабільність готового продукту. В умовах зростаючого антропогенного навантаження на водні ресурси, погіршення якості природних джерел водопостачання та зношеності систем водопідготовки проблема забезпечення виробництва водою, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам, набуває особливої актуальності. Недостатня якість вихідної води потребує застосування багатоступеневих технологій очищення та доочищення, що, у свою чергу, призводить до зростання виробничих витрат і ускладнення технологічних процесів. Крім того, невідповідність води нормативним показникам може спричинити порушення рецептур, зниження якості напоїв і ризики для здоров'я споживачів. У зв'язку з цим актуальним є пошук ефективних, економічно доцільних і екологічно безпечних методів підготовки води, здатних забезпечити стабільну якість продукції в умовах обмежених водних ресурсів [1].

Збереження та раціональне використання запасів води, яка належить до найцінніших природних ресурсів, є однією з глобальних проблем ХХІ сторіччя [2, 3]. Вода необхідна для життя людини та інших організмів, оскільки бере участь у метаболічних процесах, притаманних живим системам. Крім того, вода забезпечує санітарно-гігієнічні потреби і найважливіші для людей функції: виробництво продовольства, енергії та промислової продукції.

Сучасний етап розвитку людства супроводжується зростанням антропогенного впливу на гідросферу. Збільшення населення Землі та зумовлене технічним прогресом підвищення інтенсивності водокористування разом із глобальними кліматичними змінами є чинниками, що створюють значний тиск на водні ресурси у планетарному масштабі [4, 5].

На забруднення як поверхневих, так і підземних вод впливає цілий перелік факторів. Головним джерелом дифузного забруднення підземних вод є сільське господарство та міське землекористування. Основною причиною погіршення якісного стану підземних вод від

дифузних джерел є забруднення їх аніонами нітратів та катіонами амонію.

Скринінг джерел антропогенного навантаження на стан підземних вод України вказує на суттєвий вплив точкових джерел забруднення. Серед основних забруднювачів варто виділити нафтохімічні, металургійні, машинобудівні, металургійні комплекси, а також вугільна промисловість, шламо- та хвостосховища, відстійники промстоків, полігони побутових відходів та відвалів порід. Забруднені стічні води, що надходять із вугільної, хімічної і нафтохімічної промисловості, чорної металургії, а також житлово-комунальних господарств за попередньою оцінкою, є основним джерелом регіонального забруднення не тільки поверхневих, а й підземних вод унаслідок фільтрації із річок. Окрім стічних вод, значний вплив на формування якості поверхневих і підземних вод здійснюють шахтні води, що за певних умов потрапляють у верхні водоносні горизонти [6].

Склад природних вод формується при контакті з геологічними породами, які містять традиційні макрокомпоненти – катіони натрію, калію, кальцію та магнію, а також мікрокомпоненти, серед яких внаслідок забруднення водних ресурсів можуть зустрічатися важкі метали та радіонукліди. Концентрація шкідливих речовин у водах залежить від умов формування їх складу при контакті з породами [7, 8]. Тому важливим питанням для розгляду є оптимізація складу мінеральних вод шляхом збагачення напою імуномодулюючими сполуками. Таке комплексне рішення допоможе досягти покращення якості вод шляхом додавання певних компонентів з важливою функціональною дією на організм людини.

Крім цього, раціональне використання водних ресурсів на сьогодні є важливим питанням в умовах екстенсивного водокористування, недотримання екологічних обмежень та нормування, що призводить до виникнення проблем з водозабезпеченням населення якісною водою підземних джерел у різних регіонах [9], тому питання щодо оптимізації використання вказаних ресурсів, у тому числі мінеральних вод, є важливим прикладним питанням фахівців харчової галузі, медицини, екології людини.

Розробка інноваційних рішень щодо підвищення якості харчової продукції на основі підземних мінеральних вод за умов

раціонального їх використання сприятиме наближенню країни до європейських вимог законодавства щодо користування водними ресурсами, їх екологічно спрямоване відновлення та захист [9]. Одним із напрямів щодо забезпечення ресурсозбереження мінеральних вод та джерел прісної питної води є максимальне використання їх цінних харчових складових, особливо в умовах урбанізованих густо заселених територій.

Використання імуномодельюючих добавок в мінеральних водах не тільки покращить показники якості напоїв, а й сприятиме оптимізації використання ресурсу підземних вод. Надання питному продукту імуномодельюючих властивостей з бактерицидним ефектом [2] забезпечуватиме організм споживача комплексом вітамінів, біологічно активних речовин за менш короткий термін, ніж звичайна мінеральна вода.

Метою статті є аналіз інноваційної харчової біотехнології отримання функціонального напою з бактерицидним ефектом за умов оптимізації використання ресурсу мінеральних вод.

Мета реалізована у таких завданнях:

- обґрунтування біотехнологічного рішення щодо отримання функціонального напою на основі мінеральної води з додаванням біологічно активних речовин рослинних екстрактів *Echinacea purpurea* та *Citrus limon*;

- аналіз якості природної мінеральної води зі свердловин із застосуванням методу біотестування;

- дослідження бактерицидних властивостей напоїв на основі мінеральної води при додаванні імуномодулюючих рослинних екстрактів за санітарно-гігієнічними показниками.

Об'єктом дослідження у роботі є біотехнологія отримання екологічно безпечного питного продукту з імуномодельюючими властивостями.

Предметом роботи є дослідження якості питного продукту на основі мінеральної води при додаванні імуномодулюючого рослинного екстракту для підвищення імунного статусу населення в умовах воєнного стану.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі для досліджень використана мінеральна столова вода BUVETTE зі свердловини № 5 (44 м, с. Майбородівка, Полтавської області) – гідрокарбонатна,

сульфатно-гідрокарбонатна, різного катіонного складу, має природний стан, негазована, призначена для щоденного вживання, як освіжаючий напій та для приготування їжі, тому підходить для даного дослідження.

У процесі дослідження було використано комплекс методів. Зокрема, теоретичні методи (аналіз, синтез, узагальнення, порівняння та систематизація наукових джерел і нормативних документів), емпіричні методи (оцінка показників якості питної води; метод визначення санітарно-гігієнічного показника колі-індексу; метод визначення мікробного числа; біотестування), методи інтерпретації та узагальнення результатів, які дозволили оцінити основні показники якості функціонального імуномодельюючого напою з бактерицидним ефектом.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для збагачення мінеральної води на біологічно активні речовини з отриманням функціонального напою у роботі запропоновано використання рослинних екстрактів на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* зумовлено їх вітамінною та мінеральною цінністю. *Citrus limon* містить велику кількість біологічно активних компонентів, серед яких істотну роль відіграє вітамін С. У свою чергу, хімічний склад *Echinacea purpurea* дуже багатий на вітаміни А, С, Е, калій, магній, марганець і натрій. Рослинна сировина містить велику кількість кальцію, заліза, кремнію, що допомагає генерувати здорові тканини після операцій, селен для опірності організму різним захворюванням. Всі ці речовини забезпечують позитивний вплив ехінацеї та лимону на імунну систему споживача, на регуляцію обміну речовин і мають високу противірусну, протизапальну, протигрибкову, сечогінну та бактерицидну дії. Аргументація щодо використання комплексу екстрактів наведених рослин ґрунтується на їх здатності позитивно впливати на імунний статус організму людини.

Цінним запропонованим у роботі прикладним рішенням з харчової біотехнології є рекомендація щодо надання імуномодельюючих властивостей напоєм з мінеральних вод шляхом додавання рослинного екстракту на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon*, що підвищить опірність організму представників населення, їх адаптаційних можливостей в умовах дії несприятливих екологічних чинників.

Крім цього, такий імуномодельючий напій допоможе покращити проблему раціонального використання водних ресурсів та мінімізувати негативний вплив екологічних проблем на склад природних мінеральних вод.

На початку досліджень було проведено біотестування води «Ізмурдна» негазована. Застосовували стандартну уніфіковану методику біотестування з визначення гострої токсичної дії води. В якості тест-об'єктів було використано представників гіллястовусих рачків виду *Daphnia magna*. Рівень токсичності визначався на основі відсотка загиблених тест-об'єктів (дафній) у тестованій воді в порівнянні з контролем. В якості контролю було використано водопровідну воду, що піддавалася дехлоруванню шляхом відстоювання протягом двох діб. Результат досліджень показав, що гостра токсична дія не проявляється. За класифікаційною шкалою досліджувані проби води відносяться до 1 класу токсичності і є нетоксичними (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати біотестування води ТОВ «Ізмурд-ЛТД»

Table 1 – Results of water biotesting by Izumrud-LTD LLC

Показник Проба	Загибель тест-об'єктів, % / токсична дія 2024 рік	Загибель тест-об'єктів, % / токсична дія 2025 рік
Бутильована	0 / відсутня	0 / відсутня
Підземна №1	0 / відсутня	0 / відсутня
Підземна №2	0 / відсутня	0 / відсутня
Поверхнева №1	16 / відсутня	10 / відсутня
Поверхнева №2	10 / відсутня	6,6 / відсутня
Грунт №1	3,3 / відсутня	0 / відсутня
Грунт №2	0 / відсутня	0 / відсутня

Для отримання функціонального напою на основі мінеральної води у роботі було виконано приготування водних екстрактів лимону *Citrus limon* та ехінацеї пурпурової *Echinacea purpurea*. Для приготування екстракту а основі лимону *Citrus limon* використали четверту частину лимону, з якого було вичавлено сік в колбу. Після цього вміст колби було залито кип'ятком для запарювання. Колбу було закрито і залишено на певний час для настоювання. Для приготування екстракту з ехінацеї було використано суху масу рослин у вигляді фітомаси із зеленої частини та маси квіток. На 0,5 дм³ кип'яченої води було використано 1 ст. ложку фітомаси ехінацеї. Після цього колбу з біоагентами було закрито і залишено на певний час для настоювання. Масу рослинної сировини

для приготування екстракту з ехінацеї визначали ваговим методом.

Після отримання водних екстрактів була використана мінеральна вода «Ізмурдна». Для приготування напою з *Echinacea purpurea* було використано співвідношення екстракту до води 1:3. Було приготовано два типи напою з квітками та зеленою фітомасою ехінацеї. Для приготування напою з *Citrus limon* було використано співвідношення водного розчину лимонного соку до води як 1:2. Також виготовлено напій з використанням обох екстрактів у співвідношенні 300 мл води : 50 мл екстракту ехінацеї : 100 мл екстракту лимону. Етапи процесу приготування водних рослинних екстрактів наведено на рис. 1.



Рис. 1 – Приготування рослинних екстрактів:

- 1) фітомаса ехінацеї пурпурової *Echinacea purpurea*;
- 2) зважування біомаси *Echinacea purpurea*;
- 3) водний екстракт зеленої маси *Echinacea purpurea*;
- 4) водний екстракт квіток *Echinacea purpurea*;
- 5) водний екстракт *Citrus limon*

Fig. 1 – Preparation of plant extracts:

- 1) phytomass of *Echinacea purpurea*;
- 2) weighing of *Echinacea purpurea* biomass;
- 3) aqueous extract of green mass of *Echinacea purpurea*;
- 4) aqueous extract of *Echinacea purpurea* flowers;
- 5) aqueous extract of *Citrus limon*

У роботі проведено визначення показників якості напоїв, що приготували на основі мінеральної води з рослинними екстрактами. Органолептичні показники оцінювали відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 [10]. Оцінка проводилась за такими показниками: колір,

аромат, смак і присмак, прозорість.

Усі показники дослідних проб мали значення, що відповідають нормативним вимогам. Тобто, дана вода може бути запропонована до

вживання. Результати оцінювання даного критерію наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Органолептичні показники якості питної води

Table 2 – Organoleptic indicators of drinking water quality

Проба		Назва показника	Значення показника
1 (квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	1	Колір	Світло-коричневий
	2	Аромат	Властивий травам
	3	Смак і присмак	Кисло-солодкий
	4	Прозорість	Без зависів
2 (лимон <i>Citrus limon</i>)	1	Колір	Світло-жовтий
	2	Аромат	Слабко виражений
	3	Смак і присмак	Властивий відповідним фруктам
	4	Прозорість	Без зависів
3 (лимон + квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	1	Колір	Світло-коричневий
	2	Аромат	Властивий травам
	3	Смак і присмак	Кисло-солодкий
	4	Прозорість	Без зависів
4 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	1	Колір	Світло-коричневий
	2	Аромат	Властивий травам
	3	Смак і присмак	Кисло-солодкий
	4	Прозорість	Без зависів
5 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i> + лимон <i>Citrus limon</i>)	1	Колір	Світло-коричневий
	2	Аромат	Властивий травам
	3	Смак і присмак	Кисло-солодкий
	4	Прозорість	Без зависів
6 (контроль)	1	Колір	безбарвний
	2	Аромат	Нехарактерний
	3	Смак і присмак	Без смаку
	4	Прозорість	Прозорий

Дослідження бактерицидного ефекту функціональних напоїв з імуномодельними екстрактами проводили із застосуванням методу визначення мікробного числа та визначення росту бактерій групи кишкової палички *Escherichia coli* на середовищі Ендо [10].

Дослідження мікробного числа у пробах проводили у чашках Петрі на середовищі МПА. Було взято 5 дослідних проб і контрольна проба. Напої з рослинними екстрактами вносили методом розбризкування на поверхню живильних середовищ. Так званий посів компонентів водних екстрактів на середовища проводили з метою дослідження їх можливої бактерицидної дії на життєздатність загальної кількості мікроорганізмів (колонієутворюючих одиниць, КУО) в 1 см³ (мл) води. Здійснювали посів «газоном» за допомогою спеціальних розприскувачів. У результаті отримали 5 дослідних проб, але кожна – у повторності: 1, 2 – квітки ехінацеї *Echinacea purpurea*; 3, 4 – лимон *Citrus limon*; 5, 6 – лимон *Citrus limon* + квітки ехінацеї *Echinacea purpurea*; 7, 8 – зелена маса ехінацеї *Echinacea purpurea*; 9, 10 – зелена маса

ехінацеї *Echinacea purpurea* + лимон *Citrus limon*; 11 – посів без додаткових компонентів (контроль). Після посіву чашки Петрі з дослідними пробами і контролем були поставлені у термостат для культивування мікроорганізмів за оптимальних температурних умов.

У результаті проведених досліджень отримали наступні результати: у контролі спостерігався ріст більшої кількості колоній, а у пробах № 5, 6 з ехінацеєю та лимоном – значно гальмувався розвиток бактерій. Тобто підтверджений очікуваний бактерицидний ефект напою з імуномодельними екстрактами. Таким чином, запропонований склад функціонального напою при його введенні у харчовий раціон додатково сприятиме підвищенню імунного статусу споживачів. Етапи процесу визначення мікробного числа наведено на рис. 2.

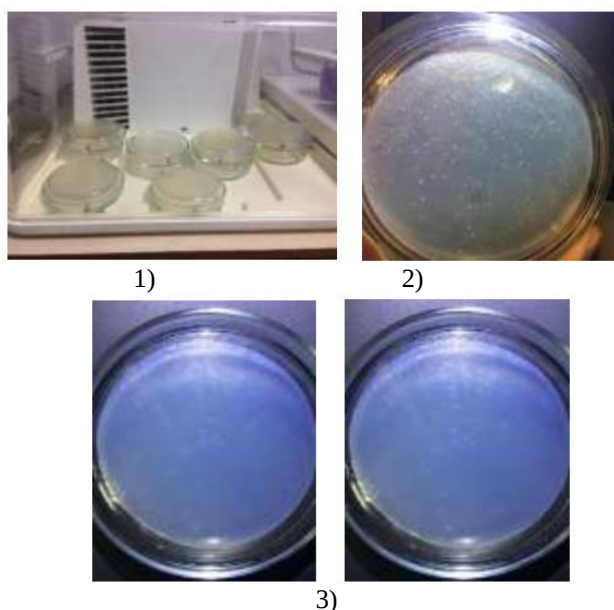


Рис. 2 – Визначення мікробного числа у пробах:
1) культивування проб у термостаті;
2) ріст колоній на МПА в контрольній пробі;
3) ріст колоній на МПА в пробах № 5, 6 (ехінацея+лимон)
Fig. 2 – Determination of microbial count in samples:
1) culturing samples in a thermostat;
2) colony growth on MPA in the control sample;
3) colony growth on MPA in samples No. 5, 6 (echinacea+lemon)

Результати розрахунку мікробного числа показали, що в усіх пробах значення мікробного числа відповідають нормативним вимогам щодо харчових напоїв, а в пробах з додаванням імуномодельюючих екстрактів зафіксовано значно нижчі порівняно з контролем (табл. 3). Отже, імуномодулюючі добавки мають широкий спектр дії на мікробні клітини.

Для визначення колі-індексу приготували середовище Ендо. Після посіву рідини дослідних зразків напоїв на живильні середовища, було проведено культивування за визначених умов відповідно нормативних вимог й визначено показники колі-індексу у пробах (рис. 3).

Результати обчислень наведені в табл. 4. Питна вода, напої безпечні в епідеміологічному відношенні, якщо колі-індекс становить ≤ 3 КУО/дм³ (3 клітини лактозопозитивних бактерій групи кишкової палички *Escherichia coli* в 1 дм³ води).

Значення санітарно-гігієнічних показників в усіх дослідних пробах відповідали вимогам стандарту щодо якості питної води та напоїв. Відмічено, що значення колі-індексу у

Таблиця 3 – Визначення мікробного числа у пробах
Table 3 – Microbial count determination in samples

Проба	Мікробне
-------	----------

	число, КУО/см ³
1 (квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	20
2 (квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	21
3 (лимон <i>Citrus limon</i>)	33
4 (лимон <i>Citrus limon</i>)	32
5 (лимон + квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	10
6 (лимон + квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	13
7 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	21
8 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	22
9 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i> + лимон <i>Citrus limon</i>)	20
10 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i> + лимон <i>Citrus limon</i>)	21
11 (контроль)	45

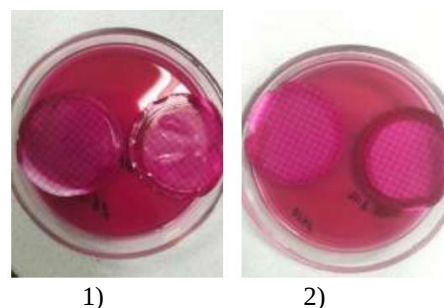


Рис. 3 – Визначення колі-індексу у пробах:
1) контроль;
2) проби № 5, 6 (ехінацея+лимон)

Fig. 3 – Determination of coliform index in samples:
1) control;
2) samples No. 5, 6 (echinacea+lemon)

Таблиця 4 – Визначення колі-індексу у пробах
Table 4 – Coliform index determination in samples

Проба	Колі-індекс КУО/дм ³
1 (квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	0
2 (квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	0
3 (лимон <i>Citrus limon</i>)	2
4 (лимон <i>Citrus limon</i>)	2
5 (лимон + квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	0
6 (лимон + квітки ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	0
7 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	1
8 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i>)	1
9 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i> + лимон <i>Citrus limon</i>)	1
10 (зелена маса ехінацеї <i>Echinacea purpurea</i> + лимон <i>Citrus limon</i>)	1
11 (контроль)	3

досліджуваних пробах з рослинними екстрактами мали менші кількісні значення порівняно з контролем. Це свідчить про

пригнічення росту бактерій групи кишкової палички *Escherichia coli* при використанні імуномодуючих добавок у напої на основі ехінацеї та лимону. У пробах з квітками ехінацеї та квітками ехінацеї + лимон колі-індекс дорівнює нулю.

Також було проведено математичну статистичну обробку експериментальних даних. За результатами визначення похибок, а саме комплексного статистичного аналізу отриманих

експериментальних даних при коефіцієнті нормованих відхилень $t = 2,77$ за таблицею критичних значень t -критерія Стюдента, ступінь свободи становить $df = 4$, відповідає рівню значущості $p = 0,05$, що підтверджується незначними відхиленнями похибок. Дані результатів математичної статистичної обробки експериментальних даних наведені у табл. 5.

Таблиця 5 – Результати математичної статистичної обробки даних

Table 5 – Results of mathematical statistical data processing

Назва зразків	Середнє значення вибірки	Стандартне відхилення, S	Стандартне відхилення середнього арифметичного S_x	Похибка середнього результату, E_a	Коефіцієнт нормованих відхилень, t
Контроль	45	1	0,57	1,579	2,77
Дослід	10	1	0,57	1,579	2,77

Наукова новизна роботи полягає у додаванні імуномодуючого рослинного екстракту на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* для надання функціональних властивостей питній, мінеральній воді торгової марки BUVETTE як важливого харчового продукту щоденного використання, що сприятиме підвищенню популяційного здоров'я та імунного статусу представників населення.

Практичною цінністю роботи є отримання функціонального імуномодуючого напою з бактерицидним ефектом за умов оптимізації використання ресурсу мінеральних вод, що сприятиме збереженню природних вод

4. ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що на сьогодні спостерігається тенденція щодо зростання негативного антропогенного впливу на екологічний стан та якість природних мінеральних вод. Крім цього, нераціональне використання водних ресурсів загрожує глобальною кризою для людства. Значною проблемою є систематичне забруднення водоносних горизонтів внаслідок дії природних та техногенних факторів. Підвищення якості напоїв з природної питної води шляхом застосування біоактивних добавок сприяє збагаченню їх хімічного складу та покращенню санітарно-гігієнічних показників.

2. Запропоновано біотехнологічне рішення щодо отримання функціонального напою на основі мінеральної води з додаванням біологічно активних речовин рослинних екстрактів *Echinacea purpurea* та *Citrus limon*, що

сприятиме забезпеченню споживачів напоями з імуномодуючими властивостями, покращенню якості води питних напоїв, зменшенню негативного впливу біологічних та інших забруднень на якість напоїв та оптимізації використання ресурсу мінеральних вод. Запропоновані напої з рослинними екстрактами на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* збагачені на полісахариди, ефірну олію, алкалоїди, глікозиди, пальмітинову, лінолеву та церотинову кислоти, на каротини, аскорбінову кислоту та інші вітаміни, що позитивно впливатимуть як важливий харчовий продукт щоденного використання на імунну систему організму споживача.

3. Визначено, що якість вихідної мінеральної води природного походження торгової марки BUVETTE ТОВ «Ізумруд-ЛТД» та функціональні напої з додаванням біоактивних рослинних екстрактів на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* відповідають нормативним вимогам за органолептичними показниками та результатами біотестування.

4. Встановлено, що додавання до напоїв імуномодуючого рослинного екстракту на основі *Echinacea purpurea* та *Citrus limon* покращує їх якість за санітарно-гігієнічними показниками, про що свідчить зниження мікробного числа питних напоїв більше ніж на 60 % порівняно з контролем, а показники колі-індексу досягають нульових значень. Це підтверджує бактерицидну дію напоїв завдяки додаванню біологічно активних речовин у складі рослинних екстрактів, що сприятиме підвищенню імунної відповіді та зниженню захворюваності у споживачів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І. Небезпека створення дефіциту водних ресурсів у регіонах України в умовах урбанізації. *Екологічні науки*. 2020. № 4(31). С. 42-47. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.6>.
2. Прибилюський В.Л., Дулька О.С., Федосов О.Л. Перспективи знезараження води в технологіях бутильованих питних вод / Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. P. 174–207.
3. Кичко І.І., Холодницька А.В. Рациональне водокористування в контексті забезпечення населення якісною питною водою, збереження здоров'я та тривалості життя. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. № 2(26). С. 7–17.
4. Хільчевський В.К. Водна політика: світові тенденції, стан в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. № 4(70), С. 6-22. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.1>.
5. Strokal V.P., Kovpak A.V. The basin approach for water resources management in Ukraine: the SWOT analysis. *Biological Systems: Theory and Innovation*. 2020. Vol. 11, № 4, P. 35-56. <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.04.004>.
6. Zhang Y., Li M., Dong J., Yang H., Van Zwieten L., Lu H., Wang H. A critical review of methods for analyzing freshwater eutrophication. *Water*. 13(2), 225. <https://doi.org/10.3390/w13020225>.
7. Водна стратегія України на період до 2050 року. Схвалено розпорядженням КМ України від 9.12.2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
8. Sonarghare P.C., Masram S.C., Sonparote U.R., Khaparde K.P., Kharkate S.K. Causes and effects of eutrophication on aquatic life (a review). *International Journal for Environmental Rehabilitation and Conservation*. 2020. No XI. P. 213-218. URL: <https://eoi.citefactor.org/10.11208/essence.20.11.SP2.147>.
9. Proskurnin O., Tsapko N., Ivashchenko T., Vasilenko S., Belokon K., Zakharchenko N., Teliura N. Standardizing the Wastewater Composition in Order to Minimize the Eutrophication Risk for the Reservoir. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. No 25(6). P. 144-152. <https://doi.org/10.12911/22998993/186822>.
10. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ. МОЗ України. 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

REFERENCES

1. Vasiutynska K. A., Barbashev S. V., Kiminchydzhy M. I. The danger of creating a shortage of water resources in the regions of Ukraine under conditions of urbanization. *Odeskiy natsionalnyi politekhnichnyi universytet, Naukovo-praktychnyi zhurnal «Ekologichni nauky»*. Odesa, 2020. № 4(31). S. 42-47. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.6>.
2. Prybylskyi V. L., Dulka O. S., Fedosov O. L. Prospects for water disinfection in bottled drinking water technologies. *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business : scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. P. 174–207.
3. Kychko I.I., Kholodnytska A.V. Rational water use in the context of providing the population with high-quality drinking water, preserving health and longevity. *Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia*. 2021. № 2(26). S. 7–17.
4. Khilchevskyi, V. K. Water policy: global trends, situation in Ukraine. *Naukovyi zbirnyk «Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia»*. Kyiv : Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, 2023, № 4(70), С. 6-22. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.1>.
5. Strokal, V. P., Kovpak, A. V. The basin approach for water resources management in Ukraine: the SWOT analysis. *Scientific journal «Biological Systems: Theory and Innovation»*, 2020, Том 11, №4, p. 35-56. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.04.004>.
6. Zhang, Y., Li, M., Dong, J., Yang, H., Van Zwieten, L., Lu, H., & Wang, H. A critical review of methods for analyzing freshwater eutrophication. *Water*, 13(2), 225. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13020225>.
7. Vodna stratehiia Ukrainy na period do 2050 roku. Skhvaleno rozporiadzhenniam KM Ukrainy vid 9.12.2022 r. № 1134-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>.
8. Sonarghare, P. C., Masram, S. C., Sonparote, U. R., Khaparde, K. P., & Kharkate, S. K. (2020). Causes and effects of eutrophication on aquatic life (a review). *International Journal for Environmental Rehabilitation and Conservation*, 2020, XI, 213-218. URL: <https://eoi.citefactor.org/10.11208/essence.20.11.SP2.147>.
9. Chugai, A. V., Dontsov, M. Yu., & Koshelev, V. D. (2025). Otsinka ekolohichnoi bezpeky mist Odeskoi promyslovomiskoi ahlomeratsii [Assessment of environmental safety of cities of the Odesa industrial-urban agglomeration]. In *Transformatsiini pidkhody do staloho rozvytku: ekolohichna osvita, nauka ta pryrodookhoronni praktyky dlia vidbudovy Ukrainy*. Zhytomyr: Zhytomyrska Politekhnikha, pp. 15–16). (in Ukr.)
10. DСанПіН 2.2.4-171-10. Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu. Kyiv. MOZ Ukrainy. 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

INNOVATIVE FOOD BIOTECHNOLOGY FOR PRODUCING A FUNCTIONAL BEVERAGE WITH BACTERICIDAL EFFECT UNDER CONDITIONS OF OPTIMIZED USE OF MINERAL WATER RESOURCES

¹A. V. Pasenko, ²I. O. Soloshych

¹Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20, University Street, Kremenchuk,, 39600, Ukraine
pasenkoalena2015@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-1108-0408>

²Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20, University Street, Kremenchuk,, 39600, Ukraine
soloishych@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-8842-5120>

The development of innovative solutions aimed at improving the quality of food products based on underground mineral waters, under conditions of their rational use, will contribute to aligning the country with European legislative requirements regarding water resource management, as well as their environmentally oriented restoration and protection. One of the key directions for ensuring the conservation of mineral water resources and sources of fresh drinking water is the maximum utilization of their valuable nutritional components, especially in urbanized and densely populated areas. The use of immunomodulating additives in mineral waters will not only improve the quality indicators of beverages but also contribute to the optimization of groundwater resource use. Providing drinking products with immunomodulating properties and a bactericidal effect will supply the consumer's body with a complex of vitamins and biologically active substances in a shorter time compared to conventional mineral water. The aim of this study is to analyze innovative food biotechnology for producing a functional beverage with a bactericidal effect under conditions of optimized use of mineral water resources. The object of the study is the biotechnology of producing an environmentally safe drinking product with immunomodulating properties. The subject of the research is the quality assessment of a mineral water-based drinking product with the addition of an immunomodulating plant extract to enhance the immune status of the population under martial law conditions. The study employed theoretical methods (analysis, synthesis, generalization, comparison, and systematization of scientific sources and regulatory documents), empirical methods (assessment of drinking water quality indicators; determination of the sanitary-hygienic coli index; determination of microbial count; biotesting), as well as methods of interpretation and generalization of results, which made it possible to evaluate the main quality indicators of a functional immunomodulating beverage with a bactericidal effect. The scientific novelty of the work lies in the addition of an immunomodulating plant extract based on *Echinacea purpurea* and *Citrus limon* to impart functional properties to drinking mineral water of the BUVETTE brand, an important daily food product. This approach contributes to improving public health and the immune status of the population. The practical significance of the work lies in obtaining a functional immunomodulating beverage with a bactericidal effect under conditions of optimized use of mineral water resources, which contributes to the conservation of natural water resources.

It has been determined that the quality of the original natural mineral water of the BUVETTE brand (LLC "Izumrud-LTD") and the functional beverages with added bioactive plant extracts based on *Echinacea purpurea* and *Citrus limon* meet regulatory requirements according to organoleptic indicators and biotesting results. The addition of the immunomodulating plant extract improves the sanitary and hygienic quality indicators, as evidenced by a reduction in the microbial count of drinking beverages by more than 60% compared to the control, while coli-index values reach zero. This confirms the bactericidal effect of the beverages due to the presence of biologically active substances in plant extracts, which will contribute to enhancing immune response and reducing morbidity among consumers

Keywords: innovative food biotechnology, environmental issues of water resources, mineral waters, drinking water quality, functional beverage, immunomodulating extract, *Echinacea purpurea*, *Citrus limon*, bactericidal effect, biotesting, sanitary-hygienic water quality indicators, microbial count, coli-index, *Escherichia coli*.

Подання до редакції : 20. 01. 2026

Надходження остаточної версії : 24. 03. 2026

Публікація статті : 25. 05. 2026