

**МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет харчових технологій  
Кафедра технологій та безпеки харчових продуктів

До захисту допускається  
Завідувач кафедри технологій та  
безпеки харчових продуктів  
\_\_\_\_\_ Самілик М.М.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за другим рівнем вищої освіти

**на тему: «Удосконалення технології йогуртів за рахунок  
використання дикорослої сировини регіонального значення»**

Виконав: \_\_\_\_\_ Гудименко С.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Група: \_\_\_\_\_

(Науковий) керівник: \_\_\_\_\_ Самілик М.М.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

**Суми 2025**

## Анотація

Кваліфікаційна робота на здобуття СВО «Магістр» Гудименко Станіслав «Удосконалення технології йогуртів за рахунок використання дикорослої сировини регіонального значення» містить: 56 сторінок, 8 рисунків, 10 таблиць, 57 джерел посилань.

**Метою даної роботи** є удосконалення технології йогуртів.

**Об'єкт дослідження** - технологія йогуртів із використанням хмелевого екстракту у вигляді закваски.

**Предмет дослідження:** шишки хмелю, екстракт хмелю, йогурти, органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники.

Запропоновано в якості закваски у виробництві питних йогуртів використовувати екстракт дикорослого хмелю. Розроблено рецептуру та технологію виготовлення йогурту із використанням хмелевого екстракту.

На підставі органолептичної оцінки встановлено, що оптимальною кількістю екстракту для закваски є 5 %.

Аналіз фізико-хімічних показників показав, що при використанні хмелевого екстракту зберігаються нормативні значення готового продукту. Термін придатності до споживання зростає до 20 діб. Мікробіологічне дослідження показало, що у йогурті із хмелевим екстрактом містяться дріжджі, ймовірно штам *Kluveromyces lactis var. Lactis*, який здатний ферментувати інші вуглеводи молока, а не лактозу, збродження якої супроводжується утворенням високої концентрації молочної кислоти. Це викликає вади продукту та зменшення терміну його зберігання.

**Ключові слова:** хміль, йогурт, дріжджі, фізико-хімічні показники.

## **Abstract**

Qualification work for obtaining the SVO "Master" Gudymenko Stanislav "Improvement of yogurt technology through the use of wild raw materials of regional importance" contains: 56 pages, 8 figures, 10 tables, 57 references.

The purpose of this work is to improve yogurt technology.

The object of research is yogurt technology using hop extract in the form of a starter.

Subject of research: hop cones, hop extract, yogurts, organoleptic, physicochemical, microbiological indicators.

It is proposed to use wild hop extract as a starter in the production of drinking yogurts. A recipe and technology for making yogurt using hop extract have been developed.

Based on the organoleptic assessment, it was established that the optimal amount of extract for the starter is 5%.

Analysis of physicochemical indicators showed that when using hop extract, the regulatory values of the finished product are maintained. The shelf life increases to 20 days. Microbiological research has shown that yogurt with hop extract contains yeast, probably the strain *Kluyveromyces lactis* var. *Lactis*, which is able to ferment other milk carbohydrates, not lactose, the fermentation of which is accompanied by the formation of a high concentration of lactic acid. This causes product defects and a decrease in its shelf life.

**Keywords:** hops, yogurt, yeast, physicochemical parameters.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>РОЗДІЛ I ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ</b>	9
1.1. Нетрадиційні технології виготовлення йогуртів	9
1.2. Закваски та вплив ферментації на якість йогуртів	11
1.3. Біологічна цінність та властивості хмелю	15
1.4. Застосування хмелю у харчовій промисловості	20
Висновки до розділу 1	24
<b>РОЗДІЛ II ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	25
Висновки до розділу 2	28
<b>РОЗДІЛ III РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	29
3.1 Органолептична оцінка якості йогуртів	29
3.2 Фізико-хімічні показники якості йогуртів	30
3.3 Результати дослідження рН йогуртів в процесі зберігання	31
3.4. Обґрунтування рецептури йогурту	33
3.5. Дослідження мікробіологічних показників йогуртів	34
3.6. Удосконалена апаратурно-технологічна схема виробництва йогуртів	35
Висновки до розділу 3	37
<b>РОЗДІЛ IV АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ ІЗ ХМЕЛЕВИМ ЕКСТРАКТОМ</b>	39
Висновки до розділу 4	44
<b>РОЗДІЛ V РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОВОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ</b>	45

<b>НОВОГО ПРОДУКТУ</b>	
Висновки до розділу 5	47
<b>ВИСНОВКИ</b>	48
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	50

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Йогурти представляють собою найуніверсальнішу групу функціональних продуктів харчування, яка вже широко поширена на світовому ринку. Можливість використовувати та змішувати різні рослинні інгредієнти для модуляції харчового складу (концентрації білків, цукрів, жирів, харчових волокон) дозволяє створювати рецептуру йогуртів, яка відповідає конкретним потребам сучасного споживача з точки зору харчування, сенсорної чи етичної цінності.

Ферментація визнана фундаментальною для досягнення належного сенсорного профілю, але вона також являє собою ефективний біотехнологічний інструмент для покращення харчових та функціональних характеристик рослинних інгредієнтів.

Йогурти призначені як носій молочнокислих бактерій та пробіотиків з високою щільністю клітин, функціональна особливість, яка може додатково супроводжуватися наявністю функціональних сполук, синтезованих *in situ* заквасками або безпосередньо забезпечених інгредієнтами розлинних білків.

Будучи подібними до молочного йогурту, який традиційно асоціюється з відомими властивостями для здоров'я, прийняття ферментованих рослинних напоїв, як функціональних продуктів харчування значно полегшується. Академічними та харчовими дослідженнями було докладено багато зусиль для подолання проблем, пов'язаних зі структурою та сенсорними профілями йогуртів, і найближчим часом очікуються подальші оновлення.

Хміль (*Humulus lupulus L.*) використовується людьми протягом століть, ймовірно, спочатку як рослинний лікарський засіб, а потім у виробництві різних продуктів, серед яких пиво є найбільш поширеним. Жіночі шишки хмелю містять різні корисні хімічні сполуки, важливим класом яких є антиоксиданти, головним чином поліфеноли. У цьому огляді описано основні антиоксиданти в хмелі, їх біодоступність та біологічні ефекти, а також результати, отримані на сьогодні в первинній та вторинній профілактиці

кількох неінфекційних захворювань, таких як захворювання, пов'язані з метаболічним синдромом, та онкологія.

Численні захисні ефекти, виявлені в різних дослідженнях, досі перешкоджаються низькою біодоступністю деяких основних антиоксидантів у хмелі. Однак, з'являються нові перспективні продукти з важливим впливом на здоров'я та перспективами використання як харчових добавок на ринку, де споживачі все частіше шукають продукти, що походять безпосередньо з рослин.

Поряд з розробкою нових функціональних продуктів, які забезпечуватимуть концентровані та точні кількості інгредієнтів хмелю, очікується, що промисловість розробить форми з підвищеною біодоступністю, що вирішить поточні проблеми, спричинені поганим засвоєнням після перорального прийому деяких важливих антиоксидантів з хмелю.

Дикорослий хміль надзвичайно поширений на Сумщині, він є регіональною сировиною. На сьогодні відсутні промислові технології, які передбачають використання дикорослого хмелю у виробництві харчових продуктів. Тому, розробка технології йогуртів, які є функціональними продуктами, на основі хмелю є актуальною. Це дозволить розширити асортимент продукції із використанням нетрадиційної рослинної сировини.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дане дослідження проводилося в межах наукової тематики кафедри технологій та безпеки харчових продуктів «Розробка технологій виробництва харчових продуктів з доданою вартістю на принципах сталого розвитку».

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної роботи є удосконалення технології йогуртів. Додавання хмелевого екстракту дозволяє збільшити термін придатності йогуртів.

Для досягнення мети запропоновано наступні завдання:

- Дослідити функціональні властивості хмелю;
- Розробити рецептуру та технологію виготовлення йогуртів із хмелевим екстрактом;

- Дослідити вплив хмелю на рН йогуртів під час зберігання;
- Встановити економічну ефективність використання хмелю у виробництві йогуртів.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом даного дослідження є технологія виготовлення йогуртів із використанням хмелевого екстракту.

**Предметом дослідження** кваліфікаційної роботи є: функціональні властивості хмелю; параметри ферментації йогуртів на основі хмелевого екстракту, органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості йогуртів.

Науковою новизною одержаних результатів є те, що вперше запропоновано для заквашування йогуртів використовувати хмелевий екстракт. Використання хмелевого екстракту дозволяє отримати згусток та подовжити терміни придатності йогуртів. Крім того, напій має приємний аромат і смак.

## Розділ I ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ

### 1.1. Нетрадиційні технології виготовлення йогуртів

Звичайний йогурт виготовляється шляхом ферментації коров'ячого молока *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* до досягнення рН нижче 4,5 та кінцевої щільності молочнокислих бактерій вище  $8 \log_{10}$  КУО/г [1]. Завдяки підкисленню ферментація безпосередньо впливає на стабільність міцел казеїну, зменшуючи їхній заряд, розчиняючи деякі нерозчинні зшивки фосфату кальцію та змінюючи внутрішні зв'язки між білками. Досягнення значення рН нижче ізоелектричної точки казеїнів призводить до їх гелеутворення. Формування цієї когезивної білкової мережі є однією з основних проблем, що характеризують виробництво йогуртоподібних продуктів з альтернативними рослинними інгредієнтами, останні характеризуються білками різної природи, які нелегко осаджуються підкисленням [2].

Рослинний білок зазвичай виготовляють шляхом ферментації водних екстрактів або борошняно-водних суспензій злаків, псевдозлаків, бобових та горіхового борошна, або гомогенізованої фруктової пульпи [3]. В останні роки було здійснено кілька спроб отримати структуру білка, порівнянну з йогуртом, з рослинним білком. Однак низька кількість білків, різні властивості коагуляції та необхідність додавання структуруючих агентів та емульгаторів часто роблять процеси дорогими та трудомісткими. Більше того, дестабілізація структури рослинного білка, спричинена ферментацією та підкисленням, може призвести до ослаблення структури продукту та розділення водної фази під час зберігання [4].

Тому оптимальна текстура, що досягається в комерційних молочних продуктах, зазвичай досягається з добавками (білкові екстракти, інулін, загусники та емульгатор), які не відповідають зростаючій тенденції продуктів з чистою етикеткою [5].

З метою розробки продуктів без додавання добавок, використання бактерій, що продукують екзополісахарид, як заквасок для ферментації рослинних білків є однією з найбільш досліджуваних альтернатив. Виробництво йогуртоподібних продуктів *in situ* призводить до покращення текстурних, сенсорних, харчових та функціональних властивостей рослинного білка [6].

Ферментація широко досліджується як біопроцес, здатний зменшити вплив антинутриційних факторів, крім того, що позитивно впливає на харчові, сенсорні та технологічні властивості інгредієнтів рослинного походження [7].

Правильний вибір мікробних заквасок був визнаний першочерговим для отримання високоякісних продуктів. Завдяки своїй метаболічній адаптивності та безпечному й традиційному використанню в харчових ферментаціях, молочнокислі бактерії вважаються найкращими кандидатами на цю роль [8].

Порівняно з дріжджами, молочнокислих бактерій не виробляють або виробляють низький вміст етанолу, тому є придатними заквасками для виробництва функціональних харчових продуктів та напоїв, в яких алкоголь заборонений [9]. Крім того, молочнокисле бродіння надає матриці кислотний сенсорний профіль, характерний для звичайного йогурту на молочній основі.

Активність молочнокислих бактерій пов'язана не лише з підкисленням, оскільки кілька ферментативних процесів призводять до ефективного протеолізу, збільшення вмісту різних біоактивних сполук та зниження антинутриційних факторів [10], окрім покращення сенсорної якості. Більше того, враховуючи дискусію щодо низької виживаності в травному тракті заквасок, що використовуються у традиційному виробництві йогурту (*Str. thermophilus* та *Lb. delbrueckii spp. bulgaricus*) [11], спеціально розроблені йогуртоподібні продукти також були запропоновані як носії для окремих пробіотичних штамів [12].

Для збільшення в'язкості рослинних інгредієнтів перед ферментацією було запропоновано клейстеризацію крохмалю шляхом застосування

належної термічної обробки, що також запобігає розділенню фаз та зменшує кількість ендогенних мікробів перед інокуляцією закваски [13].

Йогурт, як правило, є продуктом, що характеризується кремоподібною структурою завдяки білковій мережі, отриманій завдяки ферментації молока методом молочнокислого бродіння. У рослинних заміниках йогуртів досягнення подібних текстурних властивостей, таких як належна в'язкість, прилягання до ложки та органолептичне сприйняття, є основною технологічною проблемою. Незважаючи на те, що додавання структуруючих агентів, таких як камеді та гідроколоїди, часто забезпечує надійні результати, наукова спільнота та харчова промисловість оцінюють більш стійкі рішення, потенційно більш прийнятні для сучасного споживача, що вимагають зменшення кількості добавок та харчових продуктів з «чистим етикетуванням».

## 1.2. Закваски та вплив ферментації на якість йогуртів

Ферментація є ключовим біотехнологічним процесом виробництва йогурту. У молоці підкислення, спричинене ферментацією лактози за допомогою молочнокислих бактерій, призводить до синтезу 80–100 ммоль/л молочної кислоти через гомоферментативний шлях [14].

Крім того, ферментативна активність молочнокислих бактерій призводить до протеолізу, тим самим збільшуючи засвоюваність білка та концентрацію потенційно біоактивних пептидів. Метаболізм молочнокислих бактерій також сприяє своєрідному аромату звичайного йогурту шляхом синтезу ацетальдегіду (близько 0,2 ммоль/л). Нарешті, ферментація впливає на склад мікроелементів, і також повідомлялося про збільшення вмісту фолієвої кислоти. Ферментація йогурту здійснюється *Str. thermophilus* та *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus*, що є прекрасним прикладом мікробного мутуалізму, в якому перший забезпечує анаеробіоз та інші фактори, що стимулюють ріст, тоді як другий використовує пептиди та вільні амінокислоти як джерела азоту [15].

Було проведено кілька досліджень щодо застосування *Str. thermophilus* та *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* у виробництві йогуртоподібних рослинних напоїв. Ферментацію соєвого молока з вищезазначеними видами проводили з додаванням 1% лактози для забезпечення оптимального росту бактерій та посилення вироблення кислоти. Ферментація молочнокислих бактерій збільшила антигіпертензивну активність ферментованої соєвої матриці внаслідок вивільнення пептидів з інгібіторною активністю ангіотензин-І-перетворюючого ферменту шляхом протеолізу нативних соєвих білків [16].

Однак, щоб знайти відповідні закваски для йогуртоподібних рослинних напоїв, було досліджено відбір штамів молочнокислих бактерій, відмінних від видів *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus* та *Str. thermophilus*, які більше адаптовані до рослинних матриць. Використання альтернатив молока призводить до змін у процесі ферментації через різний склад білків та вуглеводів (наприклад, відсутність лактози), доступність мікроелементів та потенційну присутність інгібіторів (наприклад, антимікробних білкових сполук, поліфенолів).

Закваски, відібрані для виробництва йогуртоподібних рослинних напоїв, повинні забезпечувати швидке підкислення, яке також може запобігти забрудненню мікроорганізмами, що сприяють псуванню, проводити адекватний протеоліз, необхідний як для харчової, так і для сенсорної якості, надавати приємний аромат [17], можливо, покращувати текстуру шляхом синтезу екзополісахариди та виживати при високій щільності клітин в умовах охолодження. Хоча критерії відбору для технологічних вимог здаються простими для виконання, оскільки вони залежать від показників підкислення та росту штаму за певних умов навколишнього середовища та матриксу, критерії, пов'язані з потенційними харчовими та функціональними ефектами, такими як вивільнення функціональних сполук або здатність впливати на біодоступність та біодоступність поживних речовин, наразі підлягають ретельному перегляду науковою спільнотою.

Ферментація молочнокислих бактерій сприяє збільшенню концентрації вільних амінокислот і пептидів, розчинних волокон і загальних фенолів, що

відповідає вищій засвоюваності білка та підвищеній харчовій цінності кінцевих продуктів. Біологічне підкислення також пов'язане зі зниженням індексу гідролізу крохмалю, головним чином через утворення резистентного крохмалю, що знижує глікемічний індекс кінцевого продукту. Додатковими перевагами ферментації молочнокислих бактерій є потенційне зниження рівня антинутриційних факторів завдяки специфічній ферментативній активності.

У кількох дослідженнях повідомлялося про переваги, пов'язані з використанням штамів молочнокислих бактерій, виділених з матриці, яка потім використовується для виготовлення йогуртоподібних рослинних напоїв, порівняно зі штамми іншого походження. Лоруссо та його колеги порівняли ефективність *Lactiplantibacillus plantarum*, раніше виділеного зі спонтанно ферментованої кіноа, зі штамом *W. confusa* DSM 20194, що продукує екзополісахарид, який використовувався окремо як закваска для виготовлення продукту на основі кіноа [18].

Порівняно з алохтонним штамом, *La. plantarum* T6B10 дозволив отримати йогуртоподібний рослинний напій, що характеризується вищою концентрацією молочної кислоти (84,37 ммоль/кг) та загальних фенолів (8,4 ммоль/кг). Збільшення загальної концентрації фенолів пов'язане з покращенням антиоксидантної активності матриці. Це явище часто описували як загальний ефект підкислення, індукованого молочнокислими бактеріями, що збільшує розчинність та екстраговність фенолів, але воно головним чином залежить від специфічної ферментативної активності молочнокислих бактерій (наприклад, феруроїлестераз), яка сприяє вивільненню антиоксидантних фенолів з глікозильованих та більш складних форм, демонструючи нижчу активність [19]. Продукт із кіноа, крім того, характеризувався високою засвоюваністю білка *in vitro* (IVPD, 84%) та низьким глікемічним індексом (прогнозований глікемічний індекс, pGI: 69).

Використання заквасок, попередньо виділених з тієї ж матриці для ферментації, також було успішною стратегією для йогуртоподібних напоїв на основі еммера [20]. У цьому випадку вибір відповідної закваски проводився

шляхом порівняння технологічних властивостей штамів молочнокислих бактерій, попередньо виділених з борошна еммера (що належать до видів *La. plantarum* *W. confusa* та *Le. brevis*), та алохтонних молочнокислих бактерій, що продукують EPS (штами, що належать до видів *W. cibaria*, *La. plantarum* та *P. pentosaceus*, попередньо виділені з пшеничних заквасок). Автохтонний *La. plantarum* 6E виявився найкращим штамом, що дозволило виробляти продукт на основі еммера з низьким глікемічним індексом (pGI 70), що характеризується відповідною концентрацією вітамінів тіаміну (B1) та ніацину (PP). Інший штам *La. plantarum* був обраний серед 13 комерційних молочнокислих бактерій як закваска для виробництва йогуртоподібного продукту з вівсяних пластівців [21], що характеризується низьким індексом гідролізу крохмалю (HI=45, що відповідає pGI 64), як результат комбінованого підкислення та високої концентрації  $\beta$ -глюкану (53%) у матриці.

*La. plantarum* часто вважався придатною закваскою завдяки своїй стійкості в умовах низького рН [22], що дає конкурентну перевагу над іншими мікроорганізмами, присутніми в матриці. Більше того, його часто пов'язують з розвитком «молочних» смаків (наприклад, діацетил, ацетоїн, ацетальдегід).

Для подолання проблеми низької якості білка, яка зазвичай зустрічається в комерційних альтернативах молочним продуктам на основі екстрактів рослин, було запропоновано рецептуру, що включає суміш сочевиці та нуту (по 5% мас. / об. кожного) та рисового борошна (10% мас. / об.) [13].

Рецептура також містила високий рівень харчових волокон (4% мас. / об.). Желатинізовану борошняну суспензію ферментували змішаною культурою, що включала *La. plantarum* та *Le. brevis*. Ферментація призвела до збільшення загальної концентрації вільних амінокислот (на 65% вище, ніж у неферментованій матриці). Внаслідок інтенсивного протеолізу, середня концентрація вільних амінокислот ферментованого продукту становила 79,5%. Крім того, протеоліз молочнокислих бактерій додатково покращив значення харчових індексів завдяки гідролізу білкових послідовностей,

стійких до активності травних ферментів. Загалом, після ферментації було виявлено значне збільшення хімічного показника білка, індексу незамінних амінокислот, коефіцієнта ефективності білка, біологічної цінності та харчового індексу.

Також у цьому випадку продукт характеризувався низьким глікемічним індексом (pGI 53). Ферментація також спричинила значне збільшення  $\gamma$ -амінобуринової кислоти (виявлене при кінцевій концентрації приблизно 110 мг/100 мл) та антиоксидантної активності [13].

$\gamma$ -амінобуринова кислота бере участь у кількох фізіологічних станах людини, таких як нейротрансмісія, і є модулятором гіпертензії. Кілька досліджень повідомляли про зниження гіпертензії, запобігання проліферації ракових клітин та модуляцію рівня холестерину в крові після регулярного вживання  $\gamma$ -амінобуринової кислоти у людей і тварин [23].

Хоча бобові можуть мати вже високий рівень  $\gamma$ -амінобуринової кислоти, її вміст може зростати завдяки лактобактеріям з глутаматдекарбоксилазною активністю. Ця особливість вже була запропонована для збагачення ферментованого молока *in situ* [24].

Також спостерігалася менша кількість перетравних білків у йогурті на основі сої порівняно з соєвим молоком [25]. Однак цей результат, ймовірно, був пов'язаний з тривалістю ферментації, менше 6 годин, що значно менше, ніж той, що використовувався у всіх вищезгаданих дослідженнях, від 16 до 24 годин. Дійсно, вже повідомлялося, що активність протеаз низька на ранній стадії ферментації, на якій молочнокислі бактерії переважно використовують доступні вільні амінокислоти.

### **1.3. Біологічна цінність та властивості хмелю**

Хміль (*Humulus Lupulus Linnaeus*) – рослина, відома та культивована людством дуже давно. Ранні дані пов'язують її походження зі стародавнім Китаєм, пізніше її було знайдено в більшості помірних регіонів світу [26].

Хоча сьогодні ми асоціюємо хміль з виробництвом пива, і це було правдою протягом століть, його початкове використання було іншим.

Хміль часто використовувався як лікарська рослина в популярній фармакопеї, призначена для полегшення симптомів великої кількості проблем зі здоров'ям. Йому приписували протизапальні та антимікробні властивості, а також сечогінні, травні, заспокійливі, прогестагенні властивості, і його навіть вважали ліками від безсоння. Завдяки такому широкому спектру користі для здоров'я його вважали рослиною, що продовжує життя [27].

Основним компонентом хмелю, який використовується сьогодні, є шишка, жіноче суцвіття рослини, але інші ділянки рослини хмелю також виявляються корисними (листя, стебла або кореневище). Існує кілька біоактивних молекул, які лежать в основі саногенетичної дії рослини. Наприклад, у залозах шишки основними метаболітами є гіркі смоли та ароматичні речовини. Вторинні речовини належать до трьох категорій: смоли, олії та поліфеноли (4–14% сухої маси) [28].

Біоактивні компоненти хмелю все ще досліджуються завдяки їхній антиоксидантній, протизапальній та імуномодулюючій дії. Їхні властивості первинної або вторинної профілактики деяких хронічних дегенеративних захворювань, що мають велику поширеність у сучасному світі, надають їм особливого значення. Більшість досліджень зосереджені на дії пренілфлавоноїдів (ксантогумолу та його похідних), які донедавна вважалися єдиними речовинами фармацевтичного значення в хмелі [29].

Залежно від переважаючих мікроорганізмів у мікробіоті, продукти метаболізму можуть бути різними, з активністю, подібною або відмінною від активності вихідних речовин.

Ксантогумол, основна речовина, що вивчається серед багатьох компонентів хмелю, має низьку біодоступність при пероральному застосуванні, що обмежує його саногенетичний вплив. Нуканде та ін. показали, що понад 80% продуктів кишкового розпаду перорально введеного ксантогумолу лабораторним тваринам виводилося з калом [30].

Подібні результати були отримані Авулою та ін., які дійшли висновку, що більша частина введеного ксантогумолу виводиться з калом протягом 24 годин після введення. Дослідження, проведені на клітинах Сасо-2, показали, що ксантогумол накопичується в цитозолі, зв'язується з клітинними білками [31] і навіть має здатність вбудовуватися всередину ліпідного бішару клітинних мембран, що дуже ускладнює швидкий трансмембранний перенос.

Новак та ін. досліджували фармакокінетику та біодоступність чистого ксантогуміолу або екстракту хмелю, порівнюючи пероральний та внутрішньовенний шляхи введення у щурів. Не було виявлено відмінностей залежно від статі, але пероральне всмоктування було дуже низьким порівняно з внутрішньовенним шляхом. Також постулювали ймовірність гепато-ентеро-печінкової рециркуляції сполук, виходячи з піків рівнів у плазмі після прийому [32].

Сліпе рандомізоване дослідження з різними дозами ксантогумолу, що вводилися перорально, показало подібність до експериментів на тваринах. Це дослідження показало, що рівень ксантогумолу в плазмі значно зростає лише після прийому дози понад 60 мг. Спостерігалися два піки ксантогумолу в плазмі (як спостерігалось в експериментах на тваринах) через 1 годину та 4 години після введення; період напіввиведення становив близько 20 годин [33].

Низька біодоступність також відзначалася для ізо- $\alpha$ -кислот та відновлених похідних, дигідро-ізо- $\alpha$ -кислот та тетрагідро-ізо- $\alpha$ -кислот. Однак відновлені метаболіти мали вищу біодоступність [34].

Каттур та ін. також провели аналіз поглинання гірких кислот хмелю через моношари Сасо-2. Проникність мембран була вищою для альфа-кислот, ніж для бета-кислот. Отже, пероральне введення бета-кислот мало низьке поглинання, ймовірно, обмежене активними транспортерами Р-*gp* та виведення MRP-2, а також метаболізмом II фази [35].

Біоактивні компоненти хмелю досі перебувають у центрі уваги дослідників через їхню роль у первинній або вторинній профілактиці деяких хронічних дегенеративних захворювань, поширених у сучасному світі, в яких

важливу роль відіграють окислювальні механізми. Антиоксидант – це речовина, яка затримує або запобігає окисленню субстрату, тим самим зменшуючи окислювальний стрес.

Оскільки активні форми кисню утворюються під час нормального метаболізму, необхідний хороший баланс між окислювальними та антиоксидантними механізмами. Загалом, антиоксиданти поділяються на ферментативні (наприклад, супероксиддисмутаза, глутатіонредуктаза, каталаза, пероксидаза тощо) та неферментативні (наприклад, глутатіон, вітаміни).

Вид хмелю, метод екстракції антиоксидантних речовин та аналізи, що використовуються для оцінки антиоксидантної сили (здатність поглинати радикали або здатність пригнічувати окислення ліпідів у прискорених умовах), є деякими з факторів, що визначають мінливість результатів оцінки антиоксидантної ефективності хмелю.

Однак ці дані слід інтерпретувати з обережністю, і їх не можна повністю екстраполювати на реальне життя, оскільки багато речовин у хмелі діють синергетично та поєднують свої антиоксидантні ефекти з протизапальними або антипроліферативними.

Більшість досліджень зосереджувалися на дії пренілфлавоноїдів (ксантогумолу та його похідних), які донедавна вважалися єдиними речовинами, що мають фармацевтичне значення. Зовсім недавно цікаві результати також дали дослідження дії гірких кислот (гумулону та лупулону), що використовуються як добавки для пивоваріння [29].

Речовини хмелю та рак ретельно досліджувалися протягом тривалого часу, і через безліч компонентів ксантогумол часто був під пильною увагою.

Речовину було відкрито в 1957 році, її властивості були виявлені лише в останні десятиліття [36]. Після вживання ксантогумол зазнає трансформацій, що іноді призводить до утворення речовин з вищою антиоксидантною силою та ширшим спектром дії. Було помічено, що ксантогумол трансформується

неферментативним механізмом в ізоксантогумол, а ферментативно - в 8- та 6- пренілнарінгенін та в десметилксантогумол.

Позитивну дію ксантогумолу при новоутвореннях було показано для пухлин різної локалізації, від легень або травної системи (товста кишка, підшлункова залоза) до ендокринної (щитовидна залоза) або сечостатевої (шийка матки, яєчники), голови та шиї, шкіри, злоякісної меланоми або лейкемії [37].

Нещодавно були виділені та досліджені другорядні компоненти антиоксидантного профілю хмелю, які мають синергетичний ефект і іноді є більш активними, ніж ксантогумол. Однією з другорядних природних сполук є ксантогумол С, який інтенсивніше пригнічує лінії пухлинних клітин молочної залози, ніж ксантогумол або екстракт хмелю, збагачений ксантогумолом. Механізм дії ксантогумолу С, здається, відрізняється від механізму дії ксантогумолу; він, здається, бере участь у стресі ендоплазматичного ретикулуму та у зміні адгезії клітин одна до одної. Ксантогумол С - це халкон з різними типами дії, включаючи цитотоксичну та антиоксидантну дію, що проявляється в контексті новоутворень.

Ксантогумол С був описаний Стівенсом та ін. [38] та через труднощі в отриманні чистих речовин і, як наслідок, через втручання інших другорядних сполук, вони помітили нижчу антипроліферативну дію в деяких неопластичних клітинних лініях (молочна залоза, товста кишка, простата), ніж у ксантогумолу.

Інші речовини хмелю, особливо гіркі кислоти, вивчалися у зв'язку з новоутвореннями. Хумулон демонструє протипухлинну та протизапальну дію на рак шкіри [39]. Хумулон активує апоптотичні шляхи, включаючи апоптотичні TRAIL-рецептори, у ракових клітинах товстої кишки людини та в еквівалентних метастатичних клітинах, навіть у TRAIL-резистентних ракових клітинах. Обидві речовини демонструють багатообіцяючі ефекти для профілактики та лікування раку.

Ще одне цікаве дослідження показало, що ксантогумол і тетрагідроксантогумол пригнічують накопичення ліпідів у печінці, підшкірній та брижовій жировій тканинах мишей, індуковане дієтою [40]. Цей ефект частково був зумовлений збільшенням витрат енергії.

Сполуки хмелю знижують окислювальний статус, пов'язаний з гіперглікемією, прямим або непрямим чином. Наприклад, ксантогумол, здається, має прямий вплив на системний та місцевий (ендотеліальний, нирковий, печінковий) окислювальний статус, як це було помічено при введенні пива з додаванням ксантогумолу щурам з діабетом. У цьому експерименті ксантогумол підвищив активність глутатіонредуктази, що, у свою чергу, збільшує співвідношення відновленого/окисленого глутатіону. Ксантогумол також нормалізував рівень  $H_2O_2$ , знизив 3-нітротирозин та карбонілювання білків [41], демонструючи втручання у багато антиоксидантних механізмів.

Непрямі ефекти стосуються здатності різних сполук хмелю знижувати глікемію. Наприклад, у мишей, яких годували дієтою з високим вмістом жирів, тетрагідроксантогумол значно покращив кліренс глюкози, зменшуючи час та пік гіперглікемії [40].

В іншому експерименті ксантогумол зміг знизити глікемію дозозалежним чином, але цей ефект спостерігався лише у самців щурів [33]. Дані про механізми, за допомогою яких ксантогумол знижує глікемію, продовжують з'являтися.

#### **1.4. Застосування хмелю у харчовій промисловості**

Вчені намагаються розробити нові продукти на основі хмелю, які б використовували його доведені саногенетичні ефекти. Вони враховують дослідження щодо антиоксидантної дії компонентів хмелю, що корелює з бажанням споживача мати продукти натурального походження. Крім того,

окрім плодів хмелю, також розглядається використання листя хмелю з високим вмістом антиоксидантів [42].

Звичайно, більшість нових продуктів отримують користь не лише від антиоксидантного ефекту, але й від інших позитивних дій існуючих речовин у хмелі, з конвергентними ефектами. Таким чином, антиоксидантний ефект часто поєднується з протизапальною, антимікробною та протигрибковою дією.

Під час розробки продукту на основі хмелю першим елементом, який слід враховувати, є використання хмелю з максимальним вмістом антиоксидантів. Кількісний та якісний рівень антиоксидантів варіюється залежно від різних факторів.

Таким чином, існують різні сорти хмелю з різним рівнем антиоксидантів. Час збору врожаю хмелю також є важливим фактором [43]. Згодом, обробка хмелю, від сушіння до термічної обробки, також змінює рівень антиоксидантів.

Наприклад, є дослідження, які показують, що їх рівень вищий у свіжому хмелі, хоча сушіння не призводить до значних втрат [44]. Враховується впровадження деяких біотехнологій для модифікації хмелю, що призводить до високого рівня ксантогумолу та/або 8-пренілнарінгеніну. Ці види хмелю можна використовувати для виробництва пива, а також деяких добавок.

Зрештою, якщо антиоксиданти відокремлюють від хмелю для використання в харчових добавках або збагачених продуктах, методи екстракції можуть відігравати важливу роль у рівні та типах отриманих антиоксидантів [45].

Використання хмелю та його компонентів у функціональних продуктах харчування на сьогоднішній день не підтверджено жодним твердженням про користь для здоров'я згідно з відповідним європейським законодавством. Принаймні поки що немає жодного визнаного твердження, а єдине оцінене та відхилене стосується добавки, яка використовує фітоестрогенну активність пренілнарінгеніну [46].

Однак існує потенціал для появи продуктів із заявами про користь для здоров'я не лише в категорії добавок, але й у харчових продуктах (наприклад, пиво), оскільки дослідження в цій галузі нададуть нові та переконливі дані [47].

На сьогоднішній день досліджується використання настоїв або екстрактів хмелю в харчових продуктах як антиоксидантів, що підвищують стабільність деяких основних компонентів (білків, жирів) та деяких важливих органолептичних елементів (колір).

Фактично, у пиві хміль має консервуючу дію завдяки антиоксидантній здатності [48].

Вільялобос-Дельгадо та ін. [49] підтвердили консервуючий ефект, особливо хмелю в порошкоподібній формі, при нанесенні на сирі або готові м'ясні продукти, охолоджені або заморожені. Під час зберігання при низьких температурах дія оксидаз у м'ясі продовжується, хоча й повільніше. Навіть на цьому рівні спостерігається блокуючий ефект хмелю.

Використання антиоксидантної дії хмелю для консервування харчових продуктів, що подовжує термін їх зберігання, має великий потенціал, особливо для м'ясних продуктів, де це підвищує не тільки їхню свіжість, але й їхні функціональні властивості [50].

Іншими продуктами, до яких додавали екстракти хмелю, є хлібобулочні вироби. Поряд з протигрибковою дією, екстракт хмелю та суміжні молочнокислі бактерії використовувалися в заквасках для виробництва хліба. Наслідком стало збільшення концентрації поліфенолів у хлібі та підвищення його антиоксидантної активності [51].

Антиоксиданти, що містяться в хмелі, також використовувалися у виробництві захисних харчових плівок. Емульсійні плівки на основі різних біополімерів виготовлялися з додаванням спиртового екстракту хмелю в різних концентраціях, що призводило до отримання плівок з вищою антиоксидантною здатністю і, отже, з вищим ступенем захисту від псування харчових продуктів [52].

Окрім такого використання, хміль та його компоненти можна використовувати у виробництві функціональних напоїв, щоб запропонувати їм, поряд із покращеними органолептичними якостями, перевагу значного споживання антиоксидантів. Ця тенденція є ще більш позитивною, оскільки оцінки ароматичних уподобань споживачів показують присутність хмелю серед перших 12 улюблених смаків [53].

Найбільш перспективною сферою є, зрештою, розробка напоїв, схожих на пиво, – основного продукту, де хміль використовувався століттями.

Прикладом такого продукту є Аліофен R, неферментований напій на основі солоду та хмелю, який має вміст поліфенолів, подібний до пива, що є на ринку. Експериментальні дослідження показують, що продукт має ефективну антиоксидантну та хіміопротекторну дію, що ще важливіше, оскільки його можна вживати у більших кількостях, ніж пиво, оскільки воно не містить алкоголю [54].

Екстракт хмелю можна додавати до різних фруктових соків. У дослідженні Машкура та ін. екстракт хмелю додавали до вишневого соку, де він значно збільшив антиоксидантну здатність суміші та показник сенсорної оцінки [55].

Також тестуються нові види пива, збагачені поліфенолами, з побічних продуктів, що утворюються в пивоварній промисловості (гранули, збагачені лупуліном) [56]. В результаті отримують пиво з рівнем антиоксидантної активності до 21,5% вищим, ніж у звичайного пива. У цих видах пива особливу увагу слід приділяти побічним органолептичним змінам, з якими споживачі можуть погоджуватися або ні.

Використання для збагачення деяких дуже ароматичних видів хмелю може досягти обох цілей: отримання функціонального типу пива з підвищеною антиоксидантною силою та виробництво привабливого продукту для споживача [57].

## Висновки до розділу 1

Ферментація визнана фундаментальною для досягнення належного сенсорного профілю, але вона також являє собою ефективний біотехнологічний інструмент для покращення харчових та функціональних характеристик рослинних інгредієнтів.

Йогуртоподібні продукти призначені як носій молочнокислих бактерій та пробіотиків з високою щільністю клітин. Їх функціональна особливість, яка може додатково супроводжуватися наявністю функціональних сполук, синтезованих *in situ* заквасками або безпосередньо забезпечених рослинними інгредієнтами. Будучи подібними до молочного йогурту, який традиційно асоціюється з відомими властивостями для здоров'я, їх прийняття як функціональних продуктів харчування значно полегшується.

Враховуючи потенціал продуктів, виготовлених на основі рослинних екстрактів, доцільно розглянути можливість ферментації молочних напоїв без використання спеціальних заквасочних культур, а із використанням рослинних екстрактів. У цьому сенсі, особливий інтерес викликають хмелеві екстракти, які вже застосовуються для ферментації при виготовленні різних харчових продуктів.

Хміль є джерелом біологічно активних речовин, що мають багатообіцяючі перспективи в профілактиці та лікуванні хронічних захворювань, поширених у сучасному світі.

Екстракти хмелю можуть забезпечувати швидке підкислення, яке також може запобігти забрудненню мікроорганізмами, що сприяють псуванню, проводити адекватний протеоліз, необхідний як для харчової, так і для сенсорної якості, надавати приємний аромат.

## Розділ II ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження. Об'єктом даного дослідження є технологія виготовлення йогуртів із використанням хмелевого екстракту.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є: функціональні властивості хмелю; параметри ферментації йогуртів на основі хмелевого екстракту, органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості йогуртів.

Дослідження проводилися в лабораторії «Крафтових технологій та гастрономічних інновацій» СНАУ за наступною схемою (рис.2).

Для дослідження використовували наступні види сировини (таб.2.1).

Таблиця 2.1– Характеристика продуктів, що використовуються у роботі

Продукт	Нормативний документ, вимогам якого має відповідати якість продукту
Молоко-сировина	ДСТУ 3662:2018 Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови
Шишки хмелю	ДСТУ 7067:2009 Хміль. Технічні умови

Молоко для дослідження було придбано від приватних домогосподарств. Шишки хмелю (Рис.1) збирали самостійно на безпечних територіях в межах Сумського району.



Рис.2. Шишки хмелю

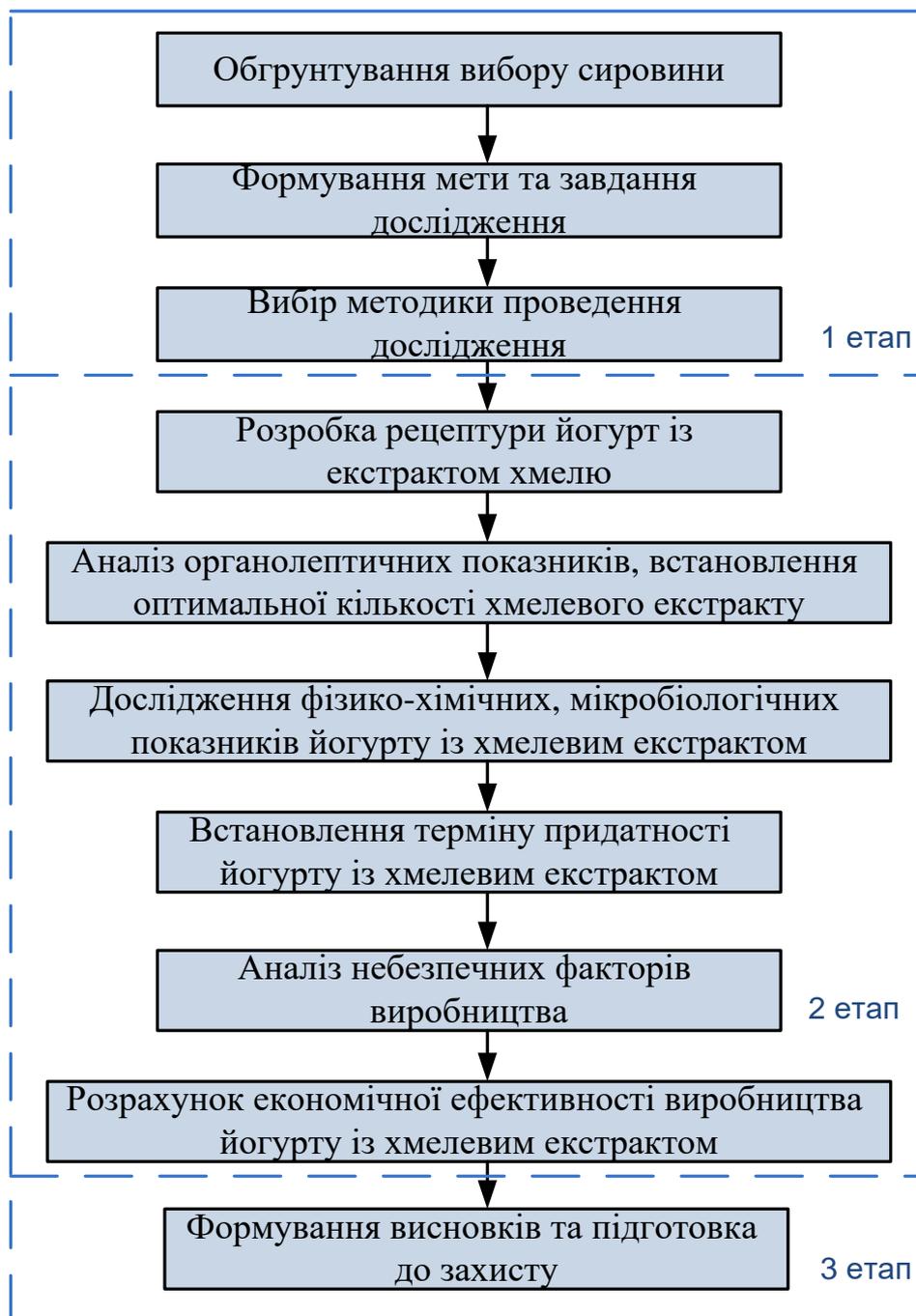


Рис.2. Схема проведення дослідження

Було виготовлено три зразки йогуртів (рис.3) резервуарним способом. В якості основної сировини використовували незбиране молоко з масовою часткою (г/100г): білків - 2.8, жирів - 4.5, вуглеводів - 4.5.



**Рис.3.** Контрольний та 2 дослідних зразків йогуртів

В якості контролю (К) йогурт виготовляли з використанням сухої закваски «Йогурт VIVO» (0,1% до маси молока).

Заквашування дослідного зразка 2 (Д1) продукту проводили екстрактом хмелю (5% до маси молока).

Зразок 3 (Д2) заквашували лише хмелевим екстрактом (10% до маси молока).

Хмелевий екстракт готували методом настоювання. Для цього шишки дикорослого хмелю змішували із гарячою дистильованою водою (85°C) у співвідношенні 10:1, настоювали протягом 24 годин. Отриманий екстракт фільтрували та вносили у молоко, підігрите до температури заквашування (25°C), туди ж додавали закваску. Суміш ретельно перемішували і поміщували в термостат. Тривалість сквашування всіх зразків кефірного напою становила 7-8 годин.

Кількість життєздатних молочнокислих бактерій визначали згідно з ДСТУ 7999:2015. Кількість дріжджів – за ДСТУ ISO 7954:2006. Визначення

активної кислотності проводили відповідно до ДСТУ 8550:2015, який заснований на визначенні активності іонів водню за допомогою потенціометричного аналізатора. Аналіз проводився за допомогою рН-метра «рН–500».

Для визначення мікробіологічного складу зразків за морфологічними особливостями проводили мікроскопування зразків, згідно загальноприйнятої методики «Інструкція з мікробіологічного контролю на підприємствах молочної промисловості». Фарбування здійснювали простим методом розчином метиленового синього (експозиція 3-5 хв.). Препарати мікроскопували за допомогою імерсійної системи мікроскопу Konus Academy 1000x, фіксацію препарату в полі зору мікроскопу реалізували за допомогою Камери Delta Optical 2 Мп.

Для визначення життєздатних молочнокислих бактерій, на 3 добу зберігання, за допомогою чашкового методу, проводили посів на спеціальне селективне середовище МПА з подальшим культивуванням при  $t$  ( $30 \pm 1$ )°C протягом 72 годин.

Посів для виявлення колоній дріжджів та пліснявих грибів здійснювали на селективному середовищі Сабуро з подальшим культивуванням при  $t$  ( $27 \pm 2$ )°C протягом 72 годин.

## **Висновки до розділу 2**

1. Розроблена схема проведення досліджень.
2. Підібрано сировину та методики досліджень

## Розділ III РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Органолептична оцінка якості йогуртів

Органолептична оцінка якості йогуртів проведена за стандартними дескрипторами оцінки. Результати представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати органолептичної оцінки йогуртів

Найменування показника	Характеристика		
	Контроль	Зразок 2 (Д1)	Зразок 3 (Д2)
Смак і запах	Чистий, кисломолочни, без запаху та присмаку	Чистий, кисломолочний, з відчутним ароматом хмелю та приємним присмаком	Чистий, кисломолочний, з ароматом хмелю та помітною гіркотою
Консистенція і структура	Рівномірна, щільна, без газоутворення.	Рівномірна, в міру щільна, без газоутворення.	Рівномірна, в рідка, без газоутворення.
Колір	Рівномірний, кремовий	Рівномірний, кремовий	Рівномірний, блідо-жовтий

Органолептична оцінка показала, що додавання хмелевого екстракту позитивно вплинуло на аромат та присмак. Йогурт (зразок 1) мав рівномірну в міру щільну консистенцію та рівномірний кремовий колір.

При збільшенні кількості екстракту (зразок 2) з'являвся гіркий смак. Крім того, консистенція йогурту була занадто рідкою.

Результати бальної оцінки дослідних зразків представлено на рисунку 4.

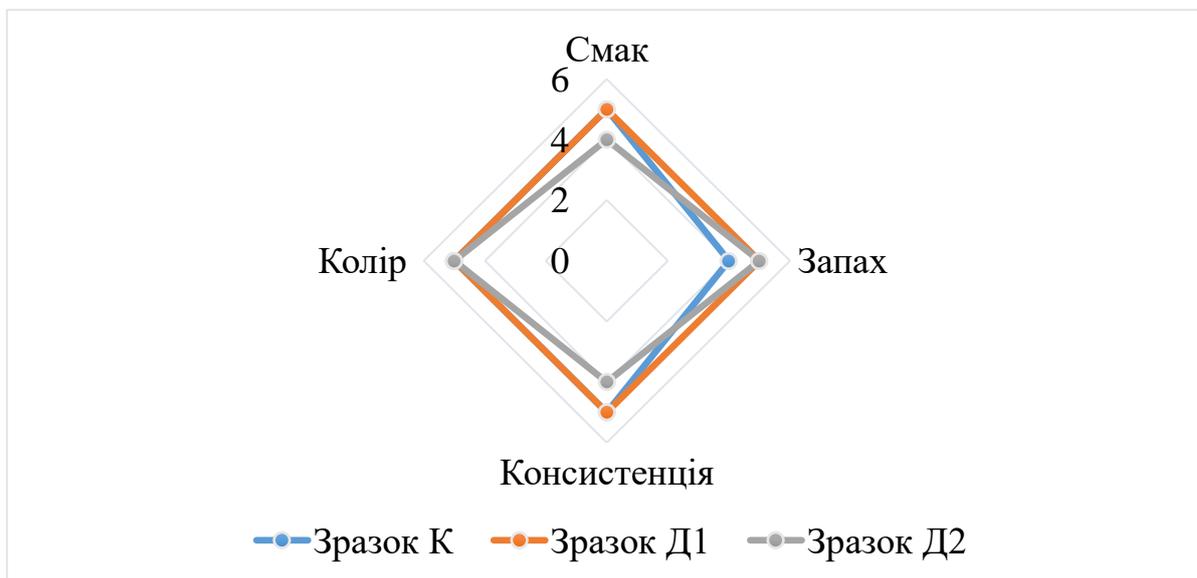


Рис.4. Профілограма органолептичної оцінки

Таким чином, найбільшу оцінку отримав зразок 1 (Д1), виготовлений на основі 5% хмелевого екстракту.

### 3.2 Фізико-хімічні показники якості йогуртів

Фізико-хімічні показники є важливими для формування споживчих властивостей продукту.

Результати дослідження фізико-хімічних показників якості йогуртів представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники йогуртів

Найменування показників	Нормовані значення	Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Масова частка жиру, %				
- нежирного	до 1,0			
- жирного	від 1,5 до 6,0	2,5	2,0	1,5
- вершкового	понад 6,0			

Закінчення таблиці 3.2

Найменування показників	Нормовані значення	Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Масова частка сухих знежирених речовин, %, не менше	9,5	9,8	9,6	9,4
Кислотність, °Т, не більше ніж:				
- титрована, °Т	від 80 до 140	85	80	76
- активна, рН	» 4,8 » 4,0	4,55	4,66	4,71

Результати дослідження показали, що додавання хмелевого екстракту призводить до зниження жирності йогуртів. Незважаючи на це, отримані продукти можна віднести до жирних йогуртів оскільки масова частка жиру в них становить більше 1,5%.

За рахунок того, що екстракт вноситься у рідкому стані у готовому продукті знижується вміст сухих речовин. При використанні 5% екстракту йогурт має достатній вміст сухих речовин, що відповідає вимогам стандарту.

Кислотність йогуртів із хмелевим екстрактом дещо нижча за кислотність контрольного зразка, виготовленого за традиційною технологією.

Враховуючи всі результати, можна зробити висновок, що раціональною кількістю добавки є 5% хмелевого екстракту.

### **3.3. Результати дослідження рН йогуртів в процесі зберігання**

На наступному етапі дослідження було встановлено рекомендовані строки зберігання та придатності до споживання. Для цього зразки зберігали у герметичній тарі у холодильнику. При цьому щоденно визначали рН.

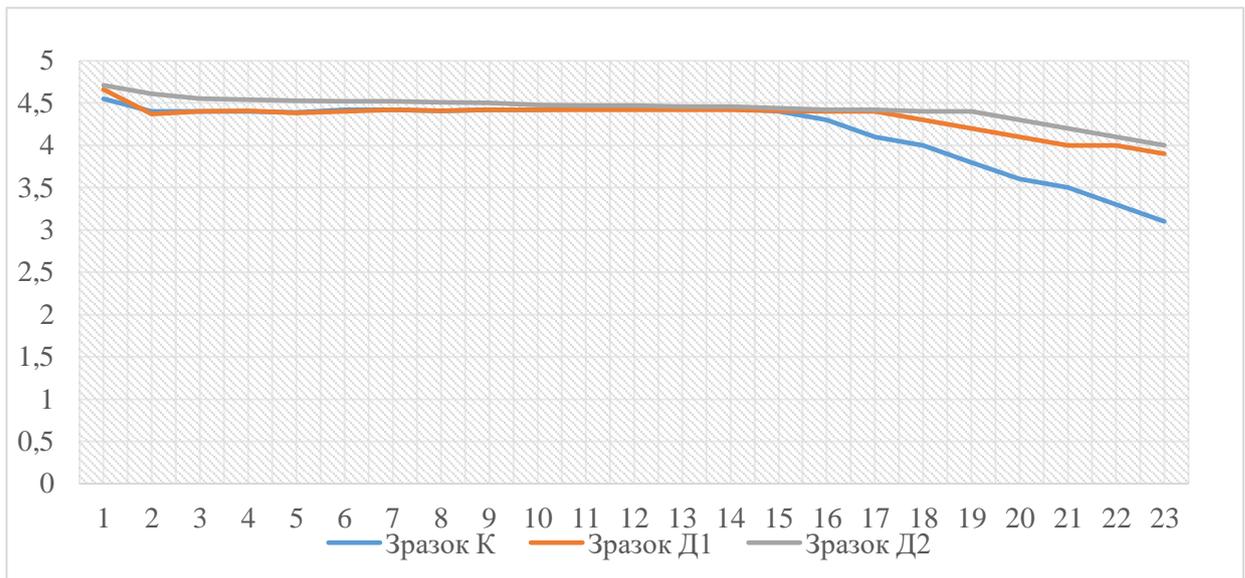


Рис.5. Рівень рН йогуртів в процесі зберігання

Аналіз показав, що хмелевий екстракт позитивно впливає на зберігання йогуртів, ймовірно, через антиоксидантні властивості.

Протягом 17 діб рівень рН у всіх зразках відповідав вимогам стандарту. Проте, на 18-ту добу рН контрольного зразку знизився, з'явилися ознаки псування.

При цьому зразки із хмелевим екстрактом зберігали свої властивості. Ознаки псування у зразку 1 з'явилися на 21-шу добу, хоча рівень рН знаходився в межах норми.

Зразок 2 почав псуватися на 22-гу добу зберігання. Враховуючи такі результати, рекомендованим терміном зберігання йогуртів із хмелевим екстрактом є 20 діб.

### 3.4. Обґрунтування рецептури йогурту

Далі було встановлено оптимальну рецептуру йогуртів, результати представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Аналіз рецептурного складу йогурту

Назва продуктів	Кількість сировини на 1 кг (шт.) продукції, кг		Вміст, %	Роль у технологічному процесі
	Б	Н		
Молоко (2,5%)	950	950	95	Є основною сировиною для виробництва йогурту, містить білки, при ферментації яких продукт набуває потрібної гелеподібної консистенції. За рахунок вмісту молочнокислих бактерій позитивно впливає на травлення. Містить кальцій, який позитивно впливає на кістки та зуби.
Екстракт хмелю	50	50	5	Надає приємний смак та аромат. Підвищує термін зберігання та біологічну цінність продукту, надає йому додаткових функціональних властивостей.
Разом	1000	1000	100	

Аналіз рецептурних компонентів показав, що всі вони виконують певну функцію у формуванні конкретних смако-ароматичних та функціональних властивостей.

### 3.5. Дослідження мікробіологічних показників йогуртів

Мікроскопування дослідних зразків проводили по завершенню процесу ферментації. Дослідження показало присутність *Lactococcus lactis ssp* у всіх дослідних зразках (рис.6).

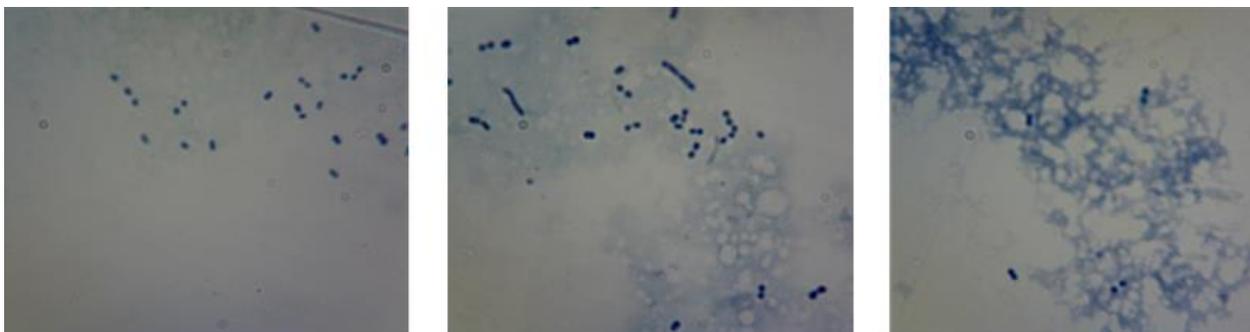


Рис.6. Результати мікроскопіювання зразків: а – контроль (К); б – зразок 1 (Д1); в – зразок 2 (Д2).

Клітини *Lactococcus lactis ssp.* мають сферичну форму, як правило згруповані у диплококи та короткі ланцюжки завдовжки від 0,5 мкм до 1,5 мкм. У зразках (К) і 1 (Д1) спостерігалось від 450 до 70 клітин у полі зору, що може свідчити про високу вихідну концентрацію молочнокислих мікроорганізмів у продукті, що підтверджується дослідженнями чашковим методом.

У зразку 2 (Д2) спостерігались поодинокі клітини та скупчення у полі зору, що пояснюється використанням в якості закваски тільки екстракту з шишок хмелю, тобто низьку вихідну концентрацію клітин *Lactococcus lactis ssp.*, але не їх відсутність. Ймовірно, що кислий рН перешкоджає зростанню цих мікроорганізмів в цьому конкретному мікросередовищі. Подібні результати було отримано і іншими дослідниками. Проте, нашими дослідженнями додаткового до результатів, отриманих іншими дослідниками, було доведено бактеріостатичну дія речовин, що входять до складу хмелевого екстракту. Ймовірно, що ця дія була також викликана дріжджами, здатними пригнічувати розвиток плісневих грибів. Під час ферментації дріжджі хмелевого екстракту

асимілюють молочний цукор без накопичення надмірної кількості вуглекислого газу та високої концентрації молочної кислоти. Означені властивості дріжджів дають змогу подовжити термін придатності до споживання виробленого кисломолочного продукту до 20 діб зі збереженням необхідних органолептичних, мікробіологічних показників, та консистенції йогурту.

Згідно з загальноприйнятою методикою було встановлено, що контрольні зразки 1 (Д1) містять життєздатних молочнокислих бактерій у кількості  $1,0 \cdot 10^8$  КУО в  $1 \text{ см}^3$ . Зразок 2 (Д2), виготовлений лише на основі хмелевого екстракту містив  $1,0 \cdot 10^7$  КУО в  $1 \text{ см}^3$  життєздатних молочнокислих бактерій. Тобто, всі зразки знаходяться в межах норми.

На морфологічному агарі Сабуро штамп *Kluuveromyces lactis var. lactis* росте з утворенням на поверхні білих матових випуклих колоній з рівними краями та гладкою блискучою поверхнею.

В результаті встановлено, що зразок напою, збагачений хмелевим екстрактом не містить плісняви. Це свідчить про бактеріостатичні властивості екстракту. У дослідних зразках кефірного напою виявлено наявність представників дріжджової мікрофлори - *Kluuveromyces lactis var. Lactis*.

У дослідному зразку продукту 1 (Д1) її вміст складав  $3,0 \cdot 10^1$  КУО в  $1 \text{ см}^3$ , а в зразку 2 (Д2) становив  $8,0 \cdot 10^1$  КУО в  $1 \text{ см}^3$ . Тобто, кількість дріжджів зростала зі збільшенням дози хмелевого екстракту, введеного до молока, підготовленого для проведення процесу його ферментації.

### **3.6. Удосконалена апаратурно-технологічна схема виробництва йогуртів**

Схема виготовлення йогурту із хмелевим екстрактом представлена на рисунку 7.

Очищене молоко охолоджується, дозріває, а потім направляється на сепарування. Перед сепаруванням молоко нагрівається до  $40-45 \text{ }^\circ\text{C}$  для прискорення процесу. Після чого утворюється знежирене молоко, яке

нормалізується вершками до масової частки жиру 2,5%. Решта вершків направляється на виробництва масла.

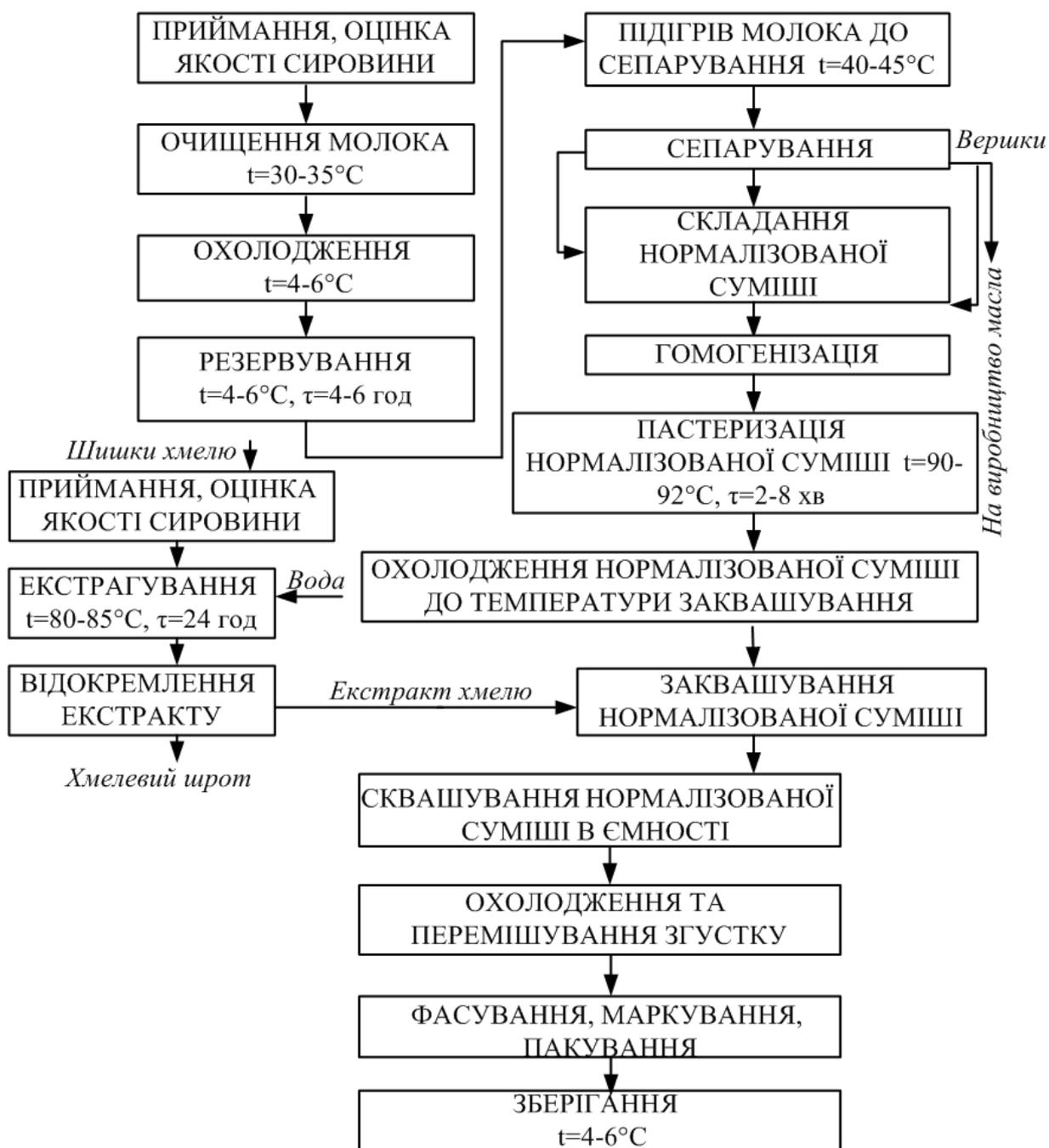


Рис. 7. Технологічна йогурту із хмелевим екстрактом

Нормалізована молочна суміш гомогенізується для покращення структури готового продукту. Гомогенізована суміш пастеризується при температурі 90-92 °С, а потім охолоджується до температури заквашування.

У резервуар для заквашування рекомендується додавати 10 % хмелевого екстракту температурою 25 °С. Після внесення хмелевого екстракту суміш ретельно перемішується.

Тривалість сквашування становить 7–8 годин. Після чого утворений продукт ретельно перемішується для досягнення однорідної консистенції та охолоджується до температури фасування.

Готовий йогурт фасується та упаковується у споживчу тару після чого направляється на зберігання. Рекомендований термін зберігання 20 діб при температурі 0-4°C.

### Висновки до розділу 3

Згідно органолептичної оцінки, раціонально додавати 5% хмелевого екстракту при цьому йогурт має гарну консистенцію приємний хмелевий аромат та смак.

Додавання 5% хмелевого екстракту позитивно впливає на фізико-хімічні показники йогурту. Дещо знижується жирність та масова частка сухих речовин, але показники знаходяться в межах нормативних значень.

Протягом 21 доби рН йогурту із хмелевим екстрактом знаходиться в межах норми. Всі зразки йогуртів мали рН менше 4,7, що є максимумом для мікробної стабільності.

Мікробіологічне дослідження показало, що у всіх зразках, в тому числі виготовлених на хмелевому екстракті, не виявлено патогенних мікроорганізмів. Переважною мікрофлорою йогуртів були *Lactococcus lactis ssp.*

У свіжовироблених дослідних зразках продуктах з різною кількістю хмелевого екстракту чисельність колоній дріжджів суттєво відрізнялася. Спостерігався позитивний вплив дріжджів на підвищення якості дослідних зразків Д1 та Д2 продуктів. Так, збільшення кількості дріжджів під впливом

екстракту хмелю в складі йогурту, впливало на поліпшення його органолептичних показників.

Упродовж зберігання двох дослідних зразків йогурту Д1 та Д2 не спостерігалось накопичення високої концентрації продуктів бродіння – молочної кислоти. В контролі не було виявлено дріжджів. Це свідчить про їх відсутність у складі сухої йогуртової закваски. Контрольний зразок (К ) вже на 14 добу зберігання був непридатним для споживання.

## Розділ IV АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ ІЗ ХМЕЛЕВИМ ЕКСТРАКТОМ

Враховуючи, що відсутній продукт на основі хмелевого екстракту підготовлено опис удосконаленого продукту (таб.4.1).

Таблиця 4.1 - Опис розробленого продукту

Назва продукту	Йогурт «Хмілик»
Документ, відповідно з яким виготовлена продукція	ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови
Сировина	Молоко коров'яче незбиране, шишки хмелеві
Характеристики продукту важливі для його безпеки	<p style="text-align: center;"><b>Фізико-хімічні показники</b></p> <p>Масова частка жиру – 2%</p> <p>Масова частка сухих знежирених речовин - 9,6 %</p> <p>Кислотність 80-140°Т</p> <p>pH 4,8-4,0</p> <p style="text-align: center;"><b>Мікробіологічні показники:</b></p> <p>Кількість молочнокислих бактерій (<i>Lactobacillus bulgaricus</i> і <i>Streptococcus thermophilus</i>), КУО в 1 см<sup>3</sup>, не менше ніж – 10<sup>7</sup>,</p> <p>Дріжджі, КУО в 1 см<sup>3</sup>, не більше ніж – 50,</p> <p>Патогенні мікроорганізми, зокрема:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Salmonella</i>, в 25 см<sup>3</sup> продукту</li> <li>- <i>L.monocytogenes</i>, в 1,0 см<sup>3</sup> продукту</li> </ul> <p>Не дозволені</p>

Продовження таблиці 4.1

	<p><b>Вміст токсичних елементів, мг/кг, не більше ніж:</b></p> <p>свинець – 0,1  кадмій - 0,03  миш'як – 0,05  ртуть – 0,005  мідь – 1,0  цинк – 5,0</p> <p><b>Радіонукліди:</b></p> <p>Цезій-137 – 100 бк/кг;  Стронцій-90 - 20 бк/кг.</p>
Як продукт буде використовуватися	Готовий до вживання
Строк реалізації	З моменту фасування 20 діб
Де буде використовуватися	В роздрібній торгівлі
Ким продукт використовуватиметься	Загальна група населення
Упаковка	ДСТУ 2887-94 Пакування та маркування. Терміни та визначення, ДСТУ ISO 780-2001 Пакування. Графічне маркування щодо поводження з товарами (ISO 780:1997, IDT)
Умови зберігання	Температура повітря не вище 4°C
Особливий контроль при доставці	Стаканчики різноманітної конфігурації з поліетилену герметично запаюються платинкою або фольгою і закупорюються кришками з основного матеріалу згідно з чинними НД

Під час виготовлення продукції необхідно дотримуватись вимог щодо безпеки, що встановлені технологічною інструкцією, розробленою та затвердженою у встановленому порядку.

Виробниче приміщення повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією згідно з ДСТУ Б А.3.2-12, ДБН В.2.5-67. Повітря робочої зони та мікроклімат виробничих приміщень повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042. Штучне та природнє освітлення виробничих приміщень повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28.

Технологічне устаткування для виробництва продуктів повинно відповідати вимогам ДСТУ prEN 1672-1, ДСТУ EN 1672-2.

Пожежна безпека на підприємстві повинна відповідати вимогам ДСТУ 8828. Виробничі приміщення повинні бути забезпечені питною водою згідно з ДСанПін 2.2.4-171. Системи вентиляції і опалення цеху з виробництва продуктів повинні відповідати вимогам ДБН В 2.5-67.

Все обладнання для виробництва та фасування молока повинно підлягати санітарній обробці за схемою санітарно-бактеріологічного контролю якості, миття і дезінфекції обладнання, згідно з відповідною інструкцією графіку, затвердженого у встановленому порядку.

Кожну партію йогуртів супроводжують документом, що підтверджує його безпечність та якість і в якому зазначають номер і дату видачі документу, найменування підприємства – виробника, повну назву йогурта та номер партії, кількість місць і масу нетто партії.

Приймальному контролюванню підлягає кожна партія йогуртів за органолептичними, фізико-хімічними (крім масової частки сахарози) показниками, масою нетто, якістю пакування і маркування.

Під час періодичного контролювання перевіряють мікробіологічні показники (кількість молочнокислих бактерій, біфідобактерій та бактерій ацидофільної палички, дріжджів та плісневих грибів) не менше ніж один раз

на 10 діб, бактерії групи кишкових паличок - не менше ніж один раз на 5 діб, масову частку сахарози - один раз у квартал, масову частку наповнювачів і ваніліну - в арбітражних випадках.

Контролювання наявності патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* здійснюють у порядку державного санітарного нагляду санітарно – епідеміологічною службою з періодичністю, затвердженою у встановленому порядку.

Контролюють показники безпеки (вміст токсичних елементів, мікотоксинів, антибіотиків, пестицидів та радіонуклідів) згідно з МР 4.4.4-108. Контролюють вміст цинку та міді під час поставлення на виробництво та на вимогу контролюючої організації.

У разі отримання незадовільних результатів хоча б за одним із показників проводять повторні випробовування подвійної вибірки від тієї самої партії. Якщо отримують незадовільні результати повторного випробовування, партію бракують.

Готування проб до контролювання здійснюють згідно з ДСТУ IDF 122С, готування проб для визначення біохімічних показників здійснюють згідно з ТУ У 01.4-00447853-014:2022.

Смак, запах і консистенцію перевіряють органолептично; колір, якість пакування і маркування - візуально. Масову частку жиру визначають згідно з ДСТУ ISO 1211. Масову частку сухих знежирених речовин визначають згідно з ДСТУ 8552. Кислотність визначають згідно з ДСТУ ISO 11869 або ДСТУ 8550. Масову частку сахарози визначають згідно з ДСТУ ISO 2911. Перевірку наявності пероксидази або кислої фосфатази контролюють згідно з ДСТУ 7380. Температуру йогуртів під час випуску з підприємства контролюють згідно з вимогами ДСТУ 6066.

Також було встановлено критичні точки контролю. Оскільки технологія передбачає використання дикорослого хмелю, при його прийманні на

виробництво необхідно перевіряти в ньому показники безпеки згідно ДСТУ 7067:2009 Хміль. Технічні умови.

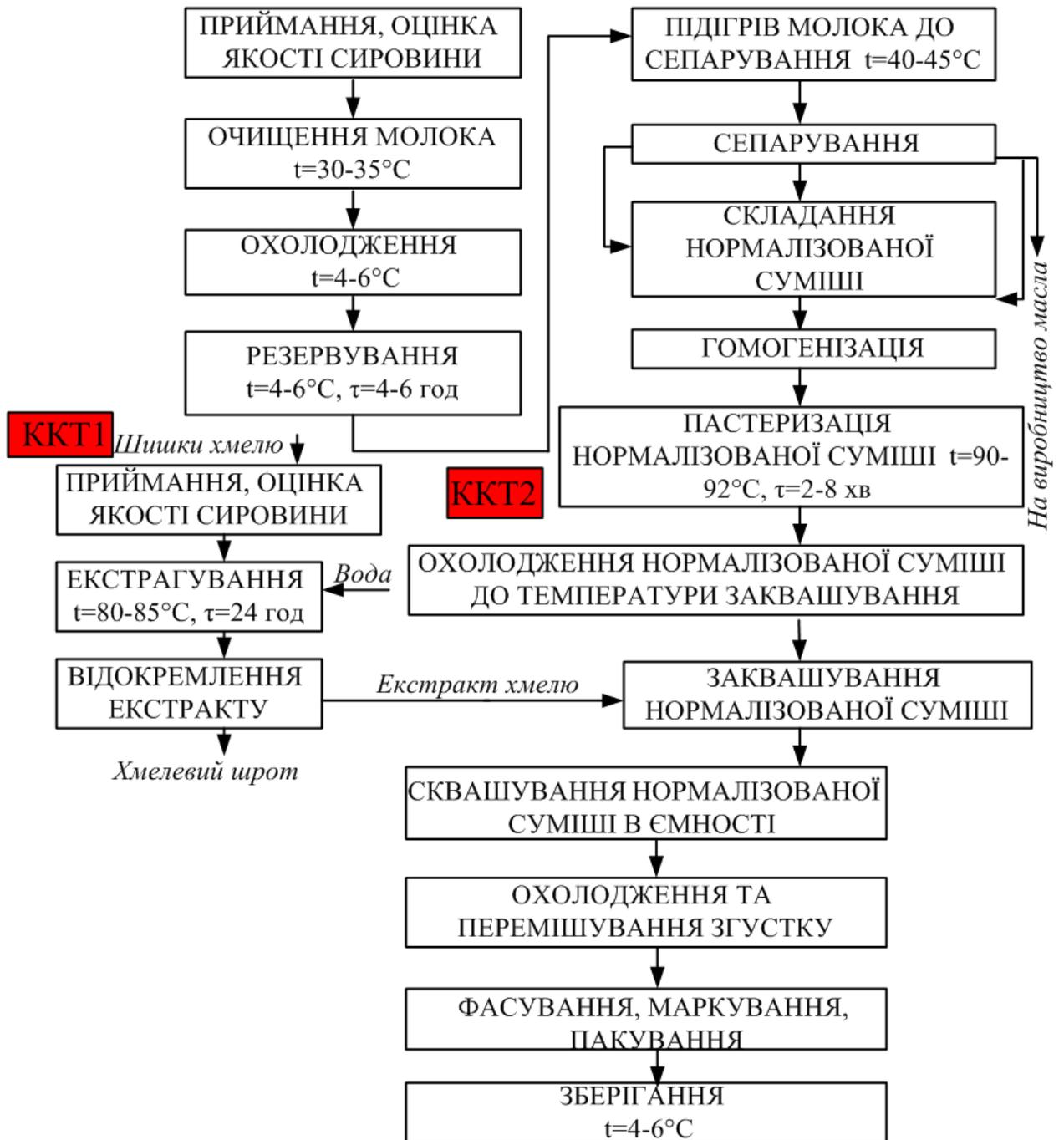


Рис.8. Контрольна критична точка у технологічному процесі

Іншою ККТ є процес пастеризації нормалізованої суміші (рис.8). В разі недотримання технологічного режиму, можливий розвиток патогенних мікроорганізмів, що може привести до псування продукту.

## **Висновки до розділу 4**

1. Наведено опис йогурту із хмелевим екстрактом.
2. Вказано методи контролю виробництва.
3. Визначено ККТ у виробництві йогуртів із хмелевим екстрактом.

## Розділ V РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОВОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО ПРОДУКТУ

Спираючись на дані, отримані під час розроблення технології йогурту розраховано повна собівартість 1 т продукту за цінами станом на жовтень 2025 року (табл.5.1).

Таблиця 5.1 - Витрати на сировину та основних матеріалів

Сировина	Йогурт із хмелевим екстрактом		
	норма на 10 кг	ціна, грн/кг	вартість, грн
Хміль	100	35	3500
Молоко незбиране	1000	10	10000
Разом			13500

У таблиці 5.2 наведено розрахунок витрат на допоміжні та таропакувальні матеріали.

Таблиця 5.2 Витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали

Сировина	Йогурт із хмелевим екстрактом		
	норма на 1000 кг	ціна, грн/шт	вартість, грн
Пляшка пластикова, шт	1000	2	2000
Гафротара, шт	630	1,5	945
Разом:	1 625	3,3	2945

У таблиці 5.3 представлені енерговитрати на технологічні цілі.

Таблиця 5.3 – Енерговитрати на технологічні цілі

Сировина	Йогурт із хмелевим екстрактом		
	норма на 1000 кг	ціна,	вартість, грн
Вода, м <sup>3</sup>	1000	30	30000
Електроенергія, кВт/год	1000	6	6000
Пара, т	5,0	1000	5000
<b>Разом:</b>			<b>41000</b>

Витрати по статті "Основна заробітна плата" Річний ефективний фонд робочого часу на 1 робітника представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Основна заробітна плата

Сировина	Йогурт із хмелевим екстрактом		
	норма виробництва	годинна тарифна ставка, грн/год	основна заробітна плата, грн
Технолог	1000	100	17 000
Оператор	1000	50	10 000
<b>Разом:</b>			<b>27 000</b>

Загальні витрати на виробництво представлено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5. Витрати на виробництво та реалізацію продукції

Сировина	Йогурт із хмелевим екстрактом
Сировина і матеріали, грн.	13500
Допоміжні матеріали, грн.	2945
Енерговитрати, грн.	41000
Фонд заробітної плати, грн.	27000
Відрахування на соціальні заходи, грн.	2 250
Інші витрати, грн.	15000
Витрати на реалізацію, грн.	3 000
<b>Повна собівартість, грн.</b>	<b>104695</b>

Підбиваючи підсумок щодо проведених розрахунків, слід проаналізувати економічну ефективність проекту з удосконалення рецептури йогурту за основними показниками:

1. Валовий прибуток, тис. грн.:

$$\Pi_1 = 300000 - 104695 = 195305$$

2. Рентабельність виробництва продукції, %:

$$P_1 = 195305 / 104695 * 100 = 18,6 \%$$

3. Витрати на 1 грн. вартості виробленої продукції, грн.:

$$V_{T1} = 104695 / 300000 = 0,35$$

4. Виробництво продукції на одного працівника, тис. грн.:

$$V_{\Pi1} = 300000 / 25 = 12000$$

5. Фондовіддача, грн.:

$$\Phi_{V1} = 300000 / 12000 = 25$$

6. Термін окупності капіталовкладень, рік.

$$T_{O1} = 195305 / 104695 = 1,8$$

### **Висновки до розділу 5**

Розрахунок техніко-економічних показників із запровадження йогурту із хмелевим екстрактом показав, що підприємства матимуть змогу отримати більш вагомі прибутки, ніж ті, що вони мають на даний момент. Середньо допустима вартість отриманого продукту - 25 грн за 1 л.

## ВИСНОВКИ

1. Хміль є джерелом біологічно активних речовин, що мають багатообіцяючі перспективи в профілактиці та лікуванні хронічних захворювань, поширених у сучасному світі.
2. Екстракти хмелю можуть забезпечувати швидке підкислення, яке також може запобігти забрудненню мікроорганізмами, що сприяють псуванню, проводити адекватний протеоліз, необхідний як для харчової, так і для сенсорної якості, надавати приємний аромат.
3. Згідно органолептичної оцінки, раціонально додавати 5% хмелевого екстракту при цьому йогурт має гарну консистенцію приємний хмелевий аромат та смак.
4. Додавання 5% хмелевого екстракту позитивно впливає на фізико-хімічні показники йогурту. Дещо знижується жирність та масова частка сухих речовин, але показники знаходяться в межах нормативних значень.
5. Протягом 21 доби рН йогурту із хмелевим екстрактом знаходиться в межах норми. Всі зразки йогуртів мали рН менше 4,7, що є максимумом для мікробної стабільності.
6. Мікробіологічне дослідження показало, що у всіх зразках, в тому числі виготовлених на хмелевому екстракті, не виявлено патогенних мікроорганізмів. Переважною мікрофлорою йогуртів були *Lactococcus lactis ssp.*
7. У свіжовироблених дослідних зразках продуктах з різною кількістю хмелевого екстракту чисельність колоній дріжджів суттєво відрізнялася. Спостерігався позитивний вплив дріжджів на підвищення якості дослідних зразків Д1 та Д2 продуктів. Так, збільшення кількості дріжджів під впливом екстракту хмелю в складі йогурту, впливало на поліпшення його органолептичних показників.
8. Упродовж зберігання двох дослідних зразків йогурту Д1 та Д2 не спостерігалось накопичення високої концентрації продуктів бродіння –

молочної кислоти. В контролі не було виявлено дріжджів. Це свідчить про їх відсутність у складі сухої йогуртової закваски. Контрольний зразок (К ) вже на 14 добу зберігання був непридатним для споживання.

9. Рентабельність виробництва йогурту із хмелевим екстрактом становить 18,6%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chandan R.C., Kilara A. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Wiley-Blackwell; Hoboken, NJ, USA: 2013.
2. Lee W.J., Lucey J.A. Structure and physical properties of yogurt gels: Effect of inoculation rate and incubation temperature. *J. Dairy Sci.* 2004;87:3153–3164. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73450-5.
3. Mäkinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016; 56: 339–349. doi: 10.1080/10408398.2012.761950.
4. Bernat N., Cháfer M., Chiralt A., González-Martínez C. Vegetable milks and their fermented derivative products. *Int. J. Food Stud.* 2014; 3: 201. doi: 10.7455/ijfs/3.1.2014.a9.
5. Jeske S., Zannini E., Arendt E.K. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Res. Int.* 2018; 110: 42–51. doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.045.
6. Ripari V. Techno-functional role of exopolysaccharides in cereal-based, yogurt-like beverages. *Beverages.* 2019; 5: 16. doi: 10.3390/beverages5010016.
7. Gobbetti M., De Angelis M., Di Cagno R., Polo A., Rizzello C.G. The sourdough fermentation is the powerful process to exploit the potential of legumes, pseudo-cereals and milling by-products in baking industry. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2020; 60: 2158–2173. doi: 10.1080/10408398.2019.1631753.
8. Leroy F., De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Sci. Technol.* 2004; 15: 67–78. doi: 10.1016/j.tifs.2003.09.004.
9. Kreis S., Arendt E.K., Hübner F., Zarnkov M. Cereal-based gluten-free functional drinks. In: Arendt E., Dal Bello F., editors. *Gluten-Free Cereal*

- Products and Beverages. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2008. pp. 373–392.
10. Filannino P., Di Cagno R., Gobbetti M. Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: Get out of the labyrinth. *Curr. Opin. Biotech.* 2018; 49: 64–72. doi: 10.1016/j.copbio.2017.07.016.
  11. Senok A.C., Ismaeel A.Y., Botta G.A. Probiotics: Facts and myths. *Clin. Microbiol. Infect.* 2005; 11: 958–966. doi: 10.1111/j.1469-0691.2005.01228.x.
  12. Ranadheera C.S., Vidanarachchi J.K., Rocha R.S., Cruz A.G., Ajlouni S. Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages. *Fermentation.* 2017; 3: 67. doi: 10.3390/fermentation3040067.
  13. Pontonio E., Raho S., Dingeo C., Centrone D., Carofiglio V.E., Rizzello C.G. Nutritional, functional, and technological characterization of a novel gluten- and lactose-free yogurt-style snack produced with selected lactic acid bacteria and Leguminosae flours. *Front. Microbiol.* 2020; 11: 1664. doi: 10.3389/fmicb.2020.01664.
  14. Niamsiri N., Batt C.A. Dairy products. In: Schaechter M., editor. *Encyclopedia of Microbiology.* 3rd ed. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2009. pp. 34–44.
  15. Tangyu M., Muller J., Bolten C.J., Wittmann C. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2019; 103: 9263–9275. doi: 10.1007/s00253-019-10175-9.
  16. Donkor O.N., Henriksson A., Vasiljevic T., Shah N.P. Probiotic strains as starter cultures improve angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in soy yogurt. *J. Food Sci.* 2005; 70: m375–m381. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb11522.x.
  17. Ashaolu T.J. A review on selection of fermentative microorganisms for functional foods and beverages: The production and future perspectives. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2019; 54: 2511–2519. doi: 10.1111/ijfs.14181.

18. Lorusso A., Coda R., Montemurro M., Rizzello C.G. Use of selected lactic acid bacteria and quinoa flour for manufacturing novel yogurt-like beverages. *Foods*. 2018; 7: 51. doi: 10.3390/foods7040051.
19. Verni M., Verardo V., Rizzello C.G. How fermentation affects the antioxidant properties of cereals and legumes. *Foods*. 2019; 8: 362. doi: 10.3390/foods8090362.
20. Coda R., Rizzello C.G., Trani A., Gobbetti M. Manufacture and characterization of functional emmer beverages fermented by selected lactic acid bacteria. *Food Microbiol.* 2011; 28: 526–536. doi: 10.1016/j.fm.2010.11.001.
21. Nionelli L., Coda R., Curiel J.A., Poutanen K., Gobbetti M., Rizzello C.G. Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes fermented by selected lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2014; 185: 17–26. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.004.
22. Charalampopoulos D., Pandiella S.S., Webb C. Growth studies of potentially probiotic lactic acid bacteria in cereal-based substrates. *J. Appl. Microbiol.* 2002; 92: 851–859. doi: 10.1046/j.1365-2672.2002.01592.x.
23. Nikmaram N., Dar B.N., Roohinejad S., Koubaa M., Barba F.J., Greiner R., Johnson S.K. Recent advances in  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) properties in pulses: An overview. *J. Sci. Food Agric.* 2017; 97: 2681–2689. doi: 10.1002/jsfa.8283.
24. Cui Y., Miao K., Niyaphorn S., Qu X. Production of gamma-aminobutyric acid from lactic acid bacteria: A systematic review. *Int. J. Mol. Sci.* 2020; 21: 995. doi: 10.3390/ijms21030995.
25. Rui X., Zhang Q., Huang J., Li W., Chen X., Jiang M., Dong M. Does lactic fermentation influence soy yogurt protein digestibility: A comparative study between soymilk and soy yogurt at different pH. *J. Sci. Food Agric.* 2019; 99: 861–867. doi: 10.1002/jsfa.9256.

26. Zanolini P., Zavatti M. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. *J. Ethnopharmacol.* 2008; 116: 383–396. doi: 10.1016/j.jep.2008.01.011.
27. Zugravu CA, Bohiltea RE, Salmen T, Pogurschi E, Otelea MR. Antioxidants in Hops: Bioavailability, Health Effects and Perspectives for New Products. *Antioxidants (Basel)*. 2022 Jan 27; 11(2): 241. doi: 10.3390/antiox11020241.
28. Steenackers B., De Cooman L., De Vos D. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: A review. *Food Chem.* 2015; 172: 742–756. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.09.139.
29. Karabin M., Hudcova T., Jelinek L., Dostalek P. Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. *Biotechnol. Adv.* 2015; 33: 1063–1090. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.02.009.
30. Nookandeh A., Frank N., Steiner F., Ellinger R., Schneider B., Gerhäuser C., Becker H. Xanthohumol metabolites in faeces of rats. *Phytochemistry.* 2004; 65: 561–570. doi: 10.1016/j.phytochem.2003.11.016.
31. Pang Y., Nikolic D., Zhu D., Chadwick L.R., Pauli G.F., Farnsworth N.R., van Breemen R.B. Binding of the hop (*Humulus lupulus* L.) chalcone xanthohumol to cytosolic proteins in Caco-2 intestinal epithelial cells. *Mol. Nutr. Food Res.* 2007; 51: 872–879. doi: 10.1002/mnfr.200600252.
32. Nowak B., Poźniak B., Popłoński J., Bobak Ł., Matuszewska A., Kwiatkowska J., Dziewiszek W., Huszcza E., Szeląg A. Pharmacokinetics of xanthohumol in rats of both sexes after oral and intravenous administration of pure xanthohumol and prenylflavonoid extract. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2020; 29: 1101–1109. doi: 10.17219/acem/126293.
33. Legette L., Karnpracha C., Reed R.L., Choi J., Bobe G., Christensen J.M., Rodriguez-Proteau R., Purnell J.Q., Stevens J.F. Human pharmacokinetics of xanthohumol, an antihyperglycemic flavonoid from hops. *Mol. Nutr. Food Res.* 2014; 58: 248–255. doi: 10.1002/mnfr.201300333.

34. Cattoor K., Remon J.P., Boussery K., Van Bocxlaer J., Bracke M., De Keukeleire D., Deforce D., Heyerick A. Bioavailability of hop-derived iso- $\alpha$ -acids and reduced derivatives. *Food Funct.* 2011; 2: 412–422. doi: 10.1039/c1fo10009b.
35. Cattoor K.O., Bracke M., Deforce D., De Keukeleire D., Heyerick A. Transport of hop bitter acids across intestinal Caco-2 cell monolayers. *J. Agric. Food Chem.* 2010; 58: 4132–4140. doi: 10.1021/jf904079h.
36. Liu M., Yin H., Qian X., Dong J., Qian Z., Miao J. Xanthohumol, a Prenylated Chalcone from Hops, Inhibits the Viability and Stemness of Doxorubicin-Resistant MCF-7/ADR Cells. *Molecules.* 2016; 22: 36. doi: 10.3390/molecules22010036.
37. Bolton J.L., Dunlap T.L., Hajirahimkhan A., Mbachu O., Chen S.N., Chadwick L., Nikolic D., van Breemen R.B., Pauli G.F., Dietz B.M. The Multiple Biological Targets of Hops and Bioactive Compounds. *Chem. Res. Toxicol.* 2019; 32: 222–233. doi: 10.1021/acs.chemrestox.8b00345.
38. Stevens J.F., Taylor A.W., Nickerson G.B., Ivancic M., Henning J., Haunold A., Deinzer M.L. Prenylflavonoid variation in *Humulus lupulus*: Distribution and taxonomic significance of xanthogalenol and 4'-O-methylxanthohumol. *Phytochemistry.* 2000; 53: 759–775. doi: 10.1016/S0031-9422(00)00005-4.
39. Yasukawa K., Takeuchi M., Takido M. Humulon, a bitter in the hop, inhibits tumor promotion by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate in two-stage carcinogenesis in mouse skin. *Oncology.* 1995; 52: 156–158. doi: 10.1159/000227448.
40. Zhang Y., Bobe G., Miranda C.L., Lowry M.B., Hsu V.L., Lohr C.V., Wong C.P., Jump D.B., Robinson M.M., Sharpton T.J., et al. Tetrahydroxanthohumol, a xanthohumol derivative, attenuates high-fat diet-induced hepatic steatosis by antagonizing PPAR $\gamma$ . *eLife.* 2021; 10: e66398. doi: 10.7554/eLife.66398.
41. Costa R., Negrão R., Valente I., Castela Â., Duarte D., Guardão L., Magalhães P.J., Rodrigues J.A., Guimarães J.T., Gomes P., et al. Xanthohumol modulates

- inflammation, oxidative stress, and angiogenesis in type 1 diabetic rat skin wound healing. *J. Nat. Prod.* 2013; 76: 2047–2053. doi: 10.1021/np4002898.
42. Macchioni V., Picchi V., Carbone K. Hop Leaves as an Alternative Source of Health-Active Compounds: Effect of Genotype and Drying Conditions. *Plants.* 2022; 11: 99. doi: 10.3390/plants11010099.
43. Inui T., Okumura K., Matsui H., Hosoya T., Kumazawa S. Effect of harvest time on some in vitro functional properties of hop polyphenols. *Food Chem.* 2017; 225: 69–76. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.01.002.
44. Krofta K., Mikyška A., Hašková D. Antioxidant characteristics of hops and hop products. *J. Inst. Brew.* 2008; 114: 160–166. doi: 10.1002/j.2050-0416.2008.tb00321.x.
45. Astray G., Gullón P., Gullón B., Munekata P.E., Lorenzo J.M. *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. *Appl. Sci.* 2020; 10: 5074. doi: 10.3390/app10155074.
46. Search in EU Register of Nutrition and Health Claims. [(accessed on 29 December 2021)]. Available online: [https://ec.europa.eu/food/safety/labelling\\_nutrition/claims/register/public/?event=search](https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=search).
47. Wellness Beers The Shift Away from Sugary Sports Drinks Has Taken a Surprising Turn. [(accessed on 29 December 2021)]. Available online: <https://www.theiwsr.com/radius-micro-trend-functional-wellness-beers/>
48. Wietstock P., Kunz T., Shellhammer T., Schön T., Methner F.J. Behaviour of antioxidants derived from hops during wort boiling. *J. Inst. Brew.* 2010; 116: 157–166. doi: 10.1002/j.2050-0416.2010.tb00412.x.
49. Villalobos-Delgado L.H., Caro I., Blanco C., Bodas R., Andrés S., Giráldez F.J., Mateo J. Effect of the addition of hop (infusion or powder) on the oxidative stability of lean lamb patties during storage. *Small Rumin. Res.* 2015; 125: 73–80. doi: 10.1016/j.smallrumres.2015.02.008.

50. Domínguez R., Pateiro M., Gagaoua M., Barba F.J., Zhang W., Lorenzo J.M. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. 2019; 8: 429. doi: 10.3390/antiox8100429.
51. Nionelli L., Pontonio E., Gobbetti M., Rizzello C.G. Use of hop extract as antifungal ingredient for bread making and selection of autochthonous resistant starters for sourdough fermentation. *Int. J. Food Microbiol.* 2018; 266: 173–182. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.002.
52. Kowalczyk D., Biendl M. Physicochemical and antioxidant properties of biopolymer/candelilla wax emulsion films containing hop extract—A comparative study. *Food Hydrocol.* 2016; 60: 384–392. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.04.010.
53. Hennessy M. Hops, Fernet and the Next Sriracha? Sensient's 12 Flavors to Watch in 2014. [(accessed on 29 December 2021)]. Available online: <https://www.foodnavigator.com/Article/2013/12/18/Hops-fernet-and-the-next-Sriracha-Sensient-s-12-flavors-to-watch-in-2014>
54. Tedesco I., Spagnuolo C., Bilotto S., Izzo A.A., Borrelli F., Rigano D., Russo M., Tarricone F., Russo G.L. Antioxidant and Chemopreventive Effect of Aliophen® Formulation Based on Malts and Hops. *Antioxidants*. 2020; 10: 29. doi: 10.3390/antiox10010029.
55. Mashkour M., Maghsoudlou Y., Ghorbani M., Hadi Solymani M. Fortification of cherry juice by hops extract. *Minerva Biotecnol.* 2013; 25: 171–180.
56. Jelínek L., Karabín M., Kotlíková B., Hudcová T., Dostálek P. Application of a hop by-product in brewing: Reduction in the level of haze-active prolamines and improved antioxidant properties of the beer. *J. Inst. Brew.* 2014; 120: 99–104. doi: 10.1002/jib.126.
57. Protsenko L., Rudyk R., Hryniuk T., Vlasenko A., Protsenko A., Ovadenko O. Beer enrichment with biologically active hop Compounds. *Food Technol.* 2018; 7: 65–78. doi: 10.24263/2304-974X-2018-7-1-7.