

**ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж
Державного торговельно-економічного університету»**

**Циклова комісія харчових технологій, готельно-ресторанної справи
та туризму**

Цибрій Дмитро Андрійович

ПІБ здобувача

КУРСОВА РОБОТА

**Характеристика та аналіз технологічного процесу виробництва йогуртів
збагачених вітамінами**

тема

Навчальна
дисципліна

Технологія виробництва харчової продукції

назва навчальної дисципліни

Ступінь освіти

Фаховий молодший бакалавр

фаховий молодший бакалавр, молодший бакалавр, бакалавр

Галузь знань

18 Виробництво та технології

шифр і назва галузі знань

Спеціальність

181 Харчові технології

код і найменування спеціальності

Освітньо-професійна
програма

Виробництво харчової продукції

назва освітньо-професійної програми

Академічна група

ТХ-1-22

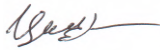
назва академічної групи

Харків, 2024 рік

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Керівник: Аштаєва Наталія Леонідівна, викладач циклової комісії харчових технологій, готельно-ресторанної справи та туризму, спеціаліст вищої категорії

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

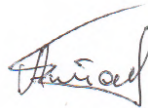
Здобувач :  Д. Цибрій

Підсумкова оцінка: 67 (балів)

Члени комісії з захисту:



Н. Аштаєва



О. Аштаєв

ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж
Державного торговельно-економічного університету»

Циклова харчових технологій, готельно-ресторанної справи та туризму

Цибрій Дмитро Андрійович

ПІБ здобувача

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ


Навчальна дисципліна	<u>Технологія виробництва харчової продукції</u>
	назва навчальної дисципліни
Тема роботи	<u>Характеристика та аналіз технологічного процесу виробництва йогуртів збагачених вітамінами</u>
	тема курсової роботи
Термін подання завершеної роботи	<u>29.11.2024 р</u>
	фаховий молодший бакалавр, молодший бакалавр, бакалавр

Графік виконання роботи

Виконання роботи за розділами	Термін виконання
Вибір та затвердження теми	09.09 – 20.09.2024
Добір та аналіз літератури за обраною темою	23.09 – 04.10.2024
Складання плану курсової роботи	7.10 – 11.10.2024
Написання вступу та I розділу	14.10 – 25.10.2024
Написання II розділу курсової роботи	28.10 – 15.11.2024
Написання висновків та оформлення курсової роботи	18.11 – 22.11.2024
Подання курсової роботи керівнику для рецензування (для рекомендації до захисту)	25.11 – 29.11.2024
Захист курсової роботи	02.12 – 06.12.2024

Завдання видав

Науковий керівник,
спеціаліст вищої категорії


Наталія Аштаєва
(підпис)

«09» вересня 2024 р.

Завдання отримав

Здобувач


(підпис) Д. Цибрій
ПІБ здобувача

«09» вересня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ, ЗБАГАЧЕНИХ ВІТАМІНАМИ	4
1.1. Загальна характеристика, класифікація та асортимент вітамінізованих йогуртів.....	4
1.2. Дослідження та аналіз технологічних процесів виробництва на прикладі різних видів вітамінізованих йогуртів	7
1.3. Економічні та екологічні аспекти технології виробництва збагачених йогуртів.....	10
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ, ЗБАГАЧЕНИХ ВІТАМІНАМИ	13
2.1. Розробка декомпозицій і принципової технологічної схеми виробництва йогуртів із додаванням вітамінних компонентів.....	13
2.2. Аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва. Визначення вимог до якості готового продукту.....	17
ВИСНОВКИ	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	24

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному суспільстві відчутно зростає інтерес до харчових продуктів зі збагаченим функціональним профілем, що обумовлено загальними тенденціями до зміцнення здоров'я, профілактики захворювань і підтримки імунної системи в умовах урбанізованого стилю життя та екологічних викликів. Йогурти, як представники кисломолочних продуктів, традиційно характеризуються високою поживною цінністю, але у своєму класичному вигляді вони все частіше розглядаються не лише як джерело пробіотиків і легкозасвоюваного білка, а як матриця для вітамінізації, особливо вітамінів групи В, С, D та жиророзчинних А і Е. Індустріальні технології виготовлення йогуртів збагаченого складу дають змогу трансформувати традиційний продукт у високотехнологічний функціональний сегмент, здатний впливати на метаболічні процеси, покращувати мікробіоту кишечника та сприяти адаптації організму до стресових навантажень. В межах загальноєвропейських стандартів якості й безпечності харчової продукції, українські виробники також активно інтегрують інновації у сфері вітамінізації, що потребує чіткого технологічного обґрунтування, дослідження стабільності вітамінів у ферментованому середовищі, аналізу рецептурних рішень та контролю органолептичних параметрів.

Теоретичне підґрунтя. Науково-технічна база у сфері розробки функціональних йогуртів збагачується завдяки дослідженням фахівців із технології кисломолочної продукції, дієтології та харчової хімії. У працях Зубара Н. М., Гойка І., Геліх А., Троцюк Г. розкриваються фізико-хімічні властивості вітамінізованої сировини, їхня поведінка у ферментованому середовищі, а також розглядається динаміка змін біологічної активності вітамінів у процесі зберігання. Увага також приділяється ролі вітамінів як біокаталізаторів ферментативних реакцій і компонентів із антиоксидантною активністю, що дозволяє інтегрувати їх у рецептури без погіршення

реологічних показників і стабільності готового продукту. Усе це створює міждисциплінарне підґрунтя для моделювання технологічної схеми, яка забезпечує стабільність, харчову ефективність і привабливість збагачених йогуртів.

Мета дослідження. Обґрунтування й моделювання сучасної технології виробництва вітамінізованих йогуртів із підвищеними споживчими властивостями та забезпеченням стабільності біоактивних компонентів.

Завдання дослідження:

- Розкрити загальну характеристику, класифікацію та асортимент вітамінізованих йогуртів;
- провести дослідження й аналіз сучасних технологічних процесів виробництва на прикладі різних видів вітамінізованих йогуртів;
- проаналізувати економічні та екологічні особливості технології виробництва збагачених йогуртів;
- розробити декомпозиції та побудувати принципову технологічну схему виробництва йогуртів із додаванням вітамінних компонентів;
- здійснити аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва;

Об'єкт дослідження. Технологія виробництва вітамінізованих йогуртів.

Предмет дослідження. Способи технологічної інтеграції вітамінних компонентів у рецептуру йогуртів і стабілізація їхніх властивостей протягом виробничого циклу.

Методи дослідження. У дослідженні застосовано метод рецептурного аналізу, картування технологічного процесу, порівняльну дегустаційну оцінку, хроматографічні методи для виявлення стабільності вітамінів, а також органолептичну стандартизацію готової продукції згідно з діючими вимогами ДСТУ. Для побудови технологічної схеми використано метод структурно-функціональної декомпозиції.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, п'яти підрозділів, висновків і списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ, ЗБАГАЧЕНИХ ВІТАМІНАМИ

1.1. Загальна характеристика, класифікація та асортимент вітамінізованих йогуртів

Йогурти, збагачені вітамінами, формують окремий сегмент молочних продуктів, що поєднують традиційні харчові властивості ферментованого молока з цілеспрямованою нутріцевтичною дією. У межах сучасної харчової промисловості вітамінізовані йогурти відіграють значну функціональну роль у профілактиці гіповітамінозу, підтримці метаболічної рівноваги й корекції мікронутрієнтного статусу різних категорій населення. Вітамінізовані йогурти класифікують залежно від трьох базових параметрів: нутрієнтної композиції, технологічної форми й моделі цільового споживання [10, с. 24].

За складом їх поділяють на продукти з односкладовими добавками (ізольовані вітаміни, як-от ретинолу ацетат, аскорбінова кислота, холекальциферол) і багатокomпонентні комплекси, збагачені вітамінними преміксами, часто у поєднанні з мінеральними елементами, пребіотиками та поліфенольними сполуками. В окрему групу варто виділити йогурти з природно високим вмістом вітамінів, що досягається через використання сировини зі збагаченим біохімічним профілем — зокрема, молока корів, що перебувають на каротиновому й ліноленовому раціонах. За формою споживання вітамінізовані йогурти поділяються на класичні ложкові, питні (у рідкій формі, з підвищеним вмістом сироватки), густі десертні (з желювальними агентами), а також концентровані, що реалізуються як порційні «шоти» із високим вмістом активних речовин — до 50 % від рекомендованої добової норми. Водночас у рамках типології за функціональним призначенням виділяють профілактичні (орієнтовані на підтримання загального вітамінного статусу), компенсаторні (адресовані окремим гіповітамінозним станам, наприклад, гіповітамінозу D), відновлювальні (після хвороб або фізичного виснаження) та антиоксидантні,

що містять вітаміни А, Е, С у синергічному поєднанні. Така сегментація спричинила посилену увагу до техніко-технологічних підходів, які дозволяють забезпечити стабільність вітамінів у середовищі йогурту — з урахуванням рН, активності води, окисно-відновного потенціалу та температурного навантаження в період зберігання [14, с. 68].

Техніко-технологічна розробка таких продуктів вимагає врахування ряду нюансів: по-перше, специфіки розчинності й стабільності кожного вітаміну в молочному середовищі; по-друге, інкапсуляції або використання стабілізованих форм, що забезпечують пролонговану активність; по-третє, узгодження органолептичних властивостей із цільовими профілями. Аскорбінову кислоту вводять на етапі пастеризації, використовуючи її натрієву сіль або ефірні похідні, які мають вищу стійкість до окислення. Вітамін D3 додають у вигляді масляної емульсії після охолодження ферментованого молока, що запобігає денатурації. Для вітаміну Е застосовують токоферол-ацетат у формі сухих мікрокапсул. На промисловому рівні такі йогурти виробляються з використанням автоматизованих ліній дозування, де концентрація вітамінів регулюється з точністю до 0,01 мг/100 г, а їх розподіл у масі контролюється через роторно-динамічні міксери. На підприємствах України, зокрема, на базі ТОВ «Галичина» і ПП «Яготинське для дітей», використовують імпорتنі премікси від DSM, SternVitamin, BASF — у вигляді водорозчинних гранулятів і масляних концентратів з терміном стабільності понад 12 місяців при температурі до 25 °С. Специфіка введення таких інгредієнтів передбачає ретельну перевірку на сумісність із заквашувальною мікрофлорою, зокрема, із штамами *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*, які чутливі до змін окисного потенціалу середовища [8, с. 9].

Ринковий асортимент вітамінізованих йогуртів в Україні формується за участі як вітчизняних, так і транснаціональних виробників. Найбільш представленими є продукти, збагачені вітамінами групи В (В1, В2, В6, В12), а також вітамінами D і Е. З-поміж українських брендів виділяються «Галичина»,

«Яготинське для дітей», «Лактонія», де представлені йогурти з мультивітамінними комплексами, орієнтовані на дітей дошкільного віку та школярів. За структурою споживання в Україні станом на 2024 рік понад 37 % вітамінізованих йогуртів припадає на питні форми об'ємом 200–290 мл, що зручно для індивідуального вживання в умовах активного способу життя. Близько 25 % — це густі десертні йогурти у пластичних стаканчиках з ложкою, які використовуються як функціональні перекуси у домашніх умовах. Виробники також пропонують порційні йогурти об'ємом до 100 мл, насичені високими дозами вітаміну D (до 5 мкг на порцію), що орієнтовані на жіночу аудиторію віком 35–50 років, зокрема в період постменопаузи. Такі продукти також збагачуються кальцієм і магнієм у легкозасвоюваних формах — лактату або цитрату, що сприяє комплексному впливу на опорно-руховий апарат [21, с. 95].

На полицях ритейлу дедалі частіше з'являються йогурти з орієнтацією на вузькоспеціалізовані споживчі ніші: йогурти з вітаміном K2 (менахінон-7) для профілактики остеопорозу; продукти з вітаміном B9 (фолієва кислота) для вагітних жінок; йогурти з підвищеним вмістом β -каротину як прекурсора вітаміну A, з акцентом на антиоксидантну дію. У формулі таких продуктів застосовують натуральні носії вітамінів — концентрати морквяного, гарбузового, обліпихового пюре, які дозволяють скоригувати профіль збагачення, зберігаючи природне походження компонентів. У ЄС та США сформовано стандарти дозування, згідно з якими вітамінізований продукт має містити не менше 15 % від рекомендованої добової потреби у вітаміні в 100 г продукту. На території України регламент не є обов'язковим, однак виробники орієнтуються на європейські параметри, адаптуючи їх до локальних стандартів ДСТУ 4418:2005 і ДСТУ ISO 26323:2016, що стосуються йогуртів і ферментованих молочних продуктів.

З технологічної точки зору виробництво вітамінізованих йогуртів потребує врахування складної матриці взаємодій між вітамінними сполуками, молочними білками, ліпідами та метаболітами мікрофлори. Вітаміни можуть

змінювати реологічні властивості продукту — зокрема, щільність і в'язкість, що проявляється при додаванні жиророзчинних вітамінів. У відповідь на це технологи використовують стабілізатори типу гуарової камеді або крохмальних похідних (модифікований тапіоковий крохмаль), щоб зберегти текстуру на бажаному рівні. Після внесення вітамінів і закваски проводиться контроль рН (до значень 4,4–4,6), що забезпечує оптимальну активність мікрофлори, з одночасним моніторингом температурної стабільності протягом усієї ферментації.

1.2. Дослідження та аналіз технологічних процесів виробництва на прикладі різних видів вітамінізованих йогуртів

Технологічні процеси виробництва вітамінізованих йогуртів, особливо при залученні широкого спектру як водорозчинних, так і жиророзчинних вітамінів, вимагають глибокої інженерної адаптації кожного етапу обробки молочної сировини, починаючи з підготовки базового складу до введення біоактивних добавок і закінчуючи контролем фізико-хімічної стабільності готового продукту. На практиці принциповими є питання послідовності додавання вітамінів, часу впливу температурних і механічних навантажень на їх збереження, а також узгодження біохімічного середовища з вимогами до мікробіологічної ферментації. Водорозчинні вітаміни — зокрема В1, В2, В6, В9, В12 і С — демонструють високу реактивність, чутливі до окиснення й деструкції під дією світла й температури. Це означає, що їх введення на ранніх етапах технологічного циклу (до пастеризації) призводить до суттєвих втрат — до 30–45 % вмісту вітаміну С за даними вимірювань HPLC упродовж 20 хв термообробки при 92–95 °С. Через це в промислових умовах вітамін С додають у вигляді стабілізованого L-аскорбілфосфату або аскорбату натрію на пізньому етапі охолодження після ферментації, з ретельним контролем рН до значень 4,5. У той самий період вводять і вітаміни групи В, іноді через розведені водні розчини преміксів, дозовані автоматично через мембранні дозатори із похибкою до ± 1 %. Водночас жиророзчинні вітаміни — А, D, Е, К

— потребують зовсім іншого підходу. Через їхню ліпофільну природу та схильність до агрегації у водному середовищі використовують емульговані форми з полісорбатом-80 або соєвим лецитином, які стабілізуються в масляній фазі з обмеженим вмістом води. Такі премікси вводять у температурному діапазоні не вище 45 °С, після завершення процесу ферментації та безпосередньо перед фасуванням, із тривалим перемішуванням на роторно-турбінних мішалках для забезпечення рівномірного розподілу [6, с. 12].

При аналізі типових технологічних рішень на прикладі підприємств «Лакталіс» (Франція), «Arla Foods» (Данія) та «Галичина» (Україна) простежується розбіжність у моделях введення вітамінів: європейські виробники здебільшого працюють із мікрокапсульованими формами, що дозволяє вбудувати етап збагачення безпосередньо в період високотемпературної обробки, натомість українські виробники частіше застосовують пряме додавання стабілізованих розчинів перед охолодженням. Така різниця пов'язана з доступністю інгредієнтів, вартістю обладнання для мікрокапсуляції й вимогами локальних ринків до маркування. На рівні мікробіології важливою є сумісність вітамінів із заквашувальними культурами. Зокрема, вітамін С при концентрації понад 100 мг/100 г може гальмувати ріст *Streptococcus thermophilus*, знижуючи кислотність продукту. Для запобігання такому ефекту на підприємствах застосовують ферментативну адаптацію — культивування мікрофлори на середовищі з попередньою присутністю аскорбату, що дозволяє підвищити її стійкість. Також доведено, що високі концентрації вітаміну D у масляній формі можуть негативно впливати на реологічну стабільність структури, особливо у випадку густих йогуртів. Щоб уникнути стратифікації, застосовують комбінації стабілізаторів — пектину, камеді рожкового дерева, а також додаткову гомогенізацію після введення добавки [15, с. 16].

Ферментаційні режими теж зазнають коригування. У стандартних умовах зброджування проходить при температурі 42–45 °С протягом 6–8 год. У разі використання вітамінізованих добавок тривалість зброджування може

скорочуватися на 30–60 хв за рахунок зміни кислотопродукувальної здатності закваски, пов'язаної з вітамінною модуляцією. Дослідження, проведені в лабораторіях Мюнхенського технічного університету у 2022 році, показали, що вітамін В2 у концентрації 0,4 мг/100 г значно прискорює проліферацію *Lactobacillus delbrueckii*, тоді як вітамін Е, навпаки, стабілізує ріст, але сповільнює молочнокислу ферментацію. Такий ефект зумовлює необхідність оптимізації стартової кількості закваски (до 5 % маси) і впровадження фази попереднього адаптивного росту вітамін-чутливих штамів. При цьому структурні параметри продукту — зокрема, в'язкість, щільність і синерезис — залежать не лише від рівня зброджування, а й від поведінки вітамінних комплексів у гелевій матриці. У густих йогуртах із підвищеним вмістом білка (до 4,5 %) мікрокапсульовані вітаміни можуть взаємодіяти з гідрофобними ділянками казеїну, впливаючи на ступінь агрегації білкових глобул. У відповідь на це в технологічному середовищі поширене застосування двоступеневої гомогенізації: спочатку — для білково-жирової фази, потім — для введення мікронутрієнтів. Це дозволяє зберегти текстурні параметри стабільними протягом усього терміну придатності, який для вітамінізованих йогуртів зазвичай обмежений 21–28 добами при температурі 4 ± 2 °C [3, с. 78].

Ще однією складовою технологічного контролю є валідація стабільності вітамінів протягом зберігання. Зокрема, на етапі дослідних партій здійснюється моніторинг вмісту вітамінів через кожні 7 діб, з використанням методів ВЕРХ (високоєфективної рідинної хроматографії) або спектрофотометрії. Для вітаміну С характерне зниження активності до 25 % на кінець третього тижня, якщо продукт зберігається в умовах світлопроникної упаковки. З метою зменшення деградації запроваджуються полімерні пакувальні рішення із внутрішнім шаром на основі EVOH або PVDC, які блокують проникнення кисню та УФ-променів. У разі жиророзчинних вітамінів критичним є контроль за відновним потенціалом середовища — надлишковий вміст вільних радикалів у масі йогурту прискорює розпад токоферолів, що компенсується введенням

антиоксидантних буферів — лактату натрію, цитрату кальцію або природних екстрактів розмарину. Аналогічно, при аналізі мікробіологічної стійкості, наявність вітамінних добавок вимагає ретельного контролю над розвитком дріжджів і плісень: підвищений рівень вітамінів може стимулювати їх ріст, особливо в умовах порушення температурного режиму. Тому на підприємствах першого технологічного рівня реалізується етап УФ-обробки тари, стерилізація кришок і санітарне знебарвлення повітря в зоні фасування. Додатково застосовують газову флотацію в середовищі вуглекислого газу для зниження доступу кисню на момент закриття упаковки.

1.3. Економічні та екологічні аспекти технології виробництва збагачених йогуртів

Впровадження технології виробництва вітамінізованих йогуртів супроводжується суттєвими економічними викликами, пов'язаними не лише з базовими витратами на молочну сировину, а й із цілим спектром змінних факторів — від закупівлі вітамінних добавок до спеціалізованого обладнання для їх введення й стабілізації. Економічна модель проєкту залежить від вибору типу збагачення — при використанні стандартного преміксу з вітамінами С, В1, В2, В6, В9, D3 та Е середня собівартість добавки для порції 100 г становить близько 0,84 грн у випадку водорозчинних форм і до 1,35 грн — при використанні емульгованих жиророзчинних мікрокапсул. Підприємства, які закупають премікси у великих об'ємах (від 100 кг на місяць), отримують знижки до 17 % від базової ціни, однак навіть за цих умов витрати на вітамінізацію формують до 14–18 % від загальної собівартості готового йогурту [7, с. 15].

Витрати на енергоспоживання теж зазнають зростання — введення додаткових етапів охолодження, перемішування та стабілізації збільшує тривалість виробничого циклу в середньому на 40 хв, що за умови добового випуску 12–15 тонн додає до 250 кВт·год додаткового навантаження на кожну зміну. При середній вартості електроенергії 5,4 грн/кВт·год у 2024 році це

становить 1350 грн додаткових витрат за зміну. Амортизаційні витрати на спеціалізоване обладнання — зокрема, дозувальні вузли з високою точністю (типу GEA Hyvol 3200), роторні мішалки та мікрокапсульні установки — амортизуються впродовж 4–5 років, а їх вартість коливається в межах 25–45 тис. євро залежно від виробника. Разові витрати на їх впровадження становлять суттєву частку капітальних інвестицій, однак вони компенсуються за рахунок вищої маржинальності готової продукції: вітамінізовані йогурти реалізуються в сегменті середньої і вищої цінової категорії, з націнкою до 35 % порівняно зі стандартним асортиментом [20, с. 4].

Фінансове планування включає також витрати на валідацію біологічної активності та відповідність заявленим нормативам. Відповідно до європейських вимог (Regulation (EU) №1169/2011), кожен продукт, що маркується як вітамінізований, повинен містити щонайменше 15 % рекомендованої добової потреби у вітаміні в 100 г. Витрати на лабораторне підтвердження стабільності — включаючи хроматографічні аналізи, спектрофотометричні вимірювання й контроль у динаміці зберігання — у середньому становлять 23–28 тис. грн на кожну нову рецептуру, що створює певний бар'єр для малих виробників. З боку ринку, вітамінізовані йогурти мають стабільно високий попит серед аудиторії 25–45 років і батьків із дітьми, особливо в сегменті густих десертних форм. За даними NielsenIQ за I квартал 2024 року, продажі вітамінізованих йогуртів в Україні зросли на 12,4 % порівняно з аналогічним періодом минулого року, при цьому найбільший приріст продемонстрували позиції з мультивітамінними формулами та зазначенням на етикетці «підвищений вміст D та C». У довгостроковому розрахунку окупність інвестицій у нові лінії виробництва — за умови мінімального об'єму реалізації від 5 тонн на добу — становить 2,7–3,4 роки, що свідчить про раціональну економічну стратегію, особливо якщо виробник паралельно реалізує інші лінійки функціональних продуктів [5, с. 92].

Паралельно з економічними чинниками дедалі більшого значення набуває екологічна складова процесу. Виробництво вітамінізованих йогуртів

передбачає обіг компонентів, що класифікуються як біологічно активні речовини з підвищеним рівнем екологічного ризику у випадку потрапляння до стічних вод або у відкриті біоценози. Залишки вітамінних розчинів після промивання дозаторів, реакторів, резервуарів потребують особливої процедури знешкодження — зазвичай це нейтралізація шляхом окиснення гіпохлоритом натрію або ферментативна денатурація. На сучасних підприємствах з інтегрованими екологічними модулями (як-от Arla Innovation Center) діють системи зворотного вилучення мікронутрієнтів зі стічних вод через мембранні фільтраційні системи, що дозволяє знизити вміст залишкових вітамінів у відходах до концентрацій нижче 0,01 мг/л. Для українських виробників застосовується спрощений варіант утилізації — за допомогою сорбції активованим вугіллям або коагуляції в присутності солей заліза. У процесі зберігання вітамінів також генерується непридатна продукція — через втрату біологічної активності або пошкодження упаковки. Втрата становить у середньому до 2 % партій на рік [12, с. 34].

Використання первинної тари та допоміжних матеріалів (поліетилен, поліпропілен, алюмінієві мембрани, паперові етикетки) також формує екологічне навантаження, особливо якщо йдеться про масове виробництво. На підприємствах із екосертифікацією ISO 14001:2015 здійснюється поетапна заміна упаковки на біоорієнтовані полімери — PLA, ПЕТ із вторинної сировини, целюлозні плівки з антисептичним покриттям. Впровадження таких рішень знижує вуглецевий слід на 15–18 % на одиницю продукції, що у перспективі дозволяє компенсувати частину екологічних витрат завдяки участі в «зелених» тендерах. Додатково в межах концепції замкнутого циклу підприємства оптимізують обіг води — після миття обладнання вода проходить біофільтрацію, озонування й використовується для технічних потреб (наприклад, охолодження). Також ведеться окрема сегрегація вітамінних упаковок, що утворюються на етапі приготування преміксів — ці ПЕТ-каністри підлягають повторному використанню або утилізації з попереднім промиванням [4, с. 35].

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ, ЗБАГАЧЕНИХ ВІТАМІНАМИ

2.1. Розробка декомпозицій і принципової технологічної схеми виробництва йогуртів із додаванням вітамінних компонентів

роцес створення йогуртів зі збагаченням вітамінними компонентами починається з формування цілісної технологічної схеми, яка включає всі необхідні блоки — від первинної обробки сировини до етапів дозування й пакування. Розробка цієї системи передбачає виконання поетапної декомпозиції — від загальної схеми до структурно-операційного рівня, де кожен вузол виконує точну технологічну функцію з відповідними параметрами [24, с. 12].

Починається все з підготовки молока, яке надходить на підприємство при температурі не вище 4 °С і проходить фільтрацію з використанням металосіток 100–200 мкм для видалення механічних домішок. Далі проводиться сепарація, що дає змогу відокремити вершки та нормалізувати вміст жиру у відповідності до рецептури — зазвичай 3,2–3,5 %. Після цього сировина потрапляє до теплообмінника, де відбувається пастеризація — 92 °С протягом 15 секунд, що забезпечує знезараження від патогенів без значної денатурації білків. У цей момент критично важливо уникнути перегріву — при перевищенні 95 °С спостерігається руйнування казеїнових міцел, що ускладнює подальше заквашування. Далі відбувається охолодження до 42–45 °С і проведення гомогенізації під тиском 20–25 МПа, яка забезпечує рівномірний розподіл жирових глобул у білковій матриці та підвищує стабільність емульсії. Саме після гомогенізації настає етап внесення закваски — двостамовий симбіотичний комплекс *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, який ініціює ферментацію. Заквашування триває в термостатованих ємностях протягом 5,5–6 год при контролі рН до значення 4,4–4,6, після чого масу знову охолоджують [9, с. 17].

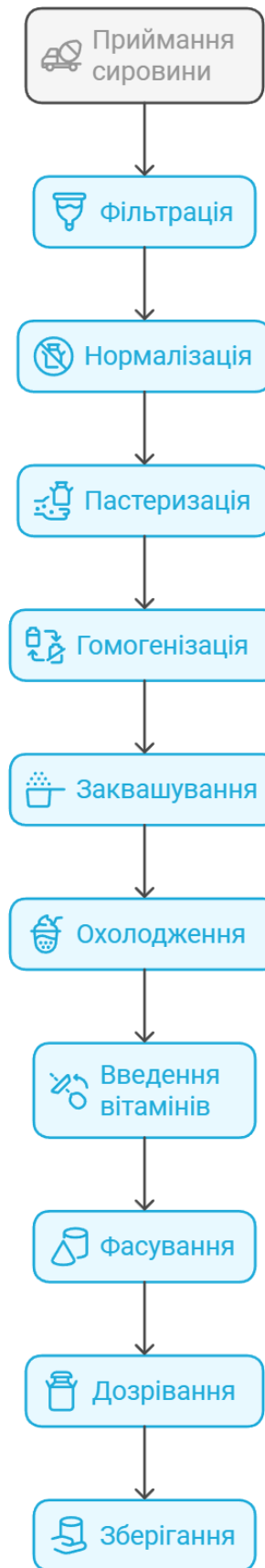


Рис. 2.1 Горизонтальна декомпозиція технологічної системи виробництва йогуртів

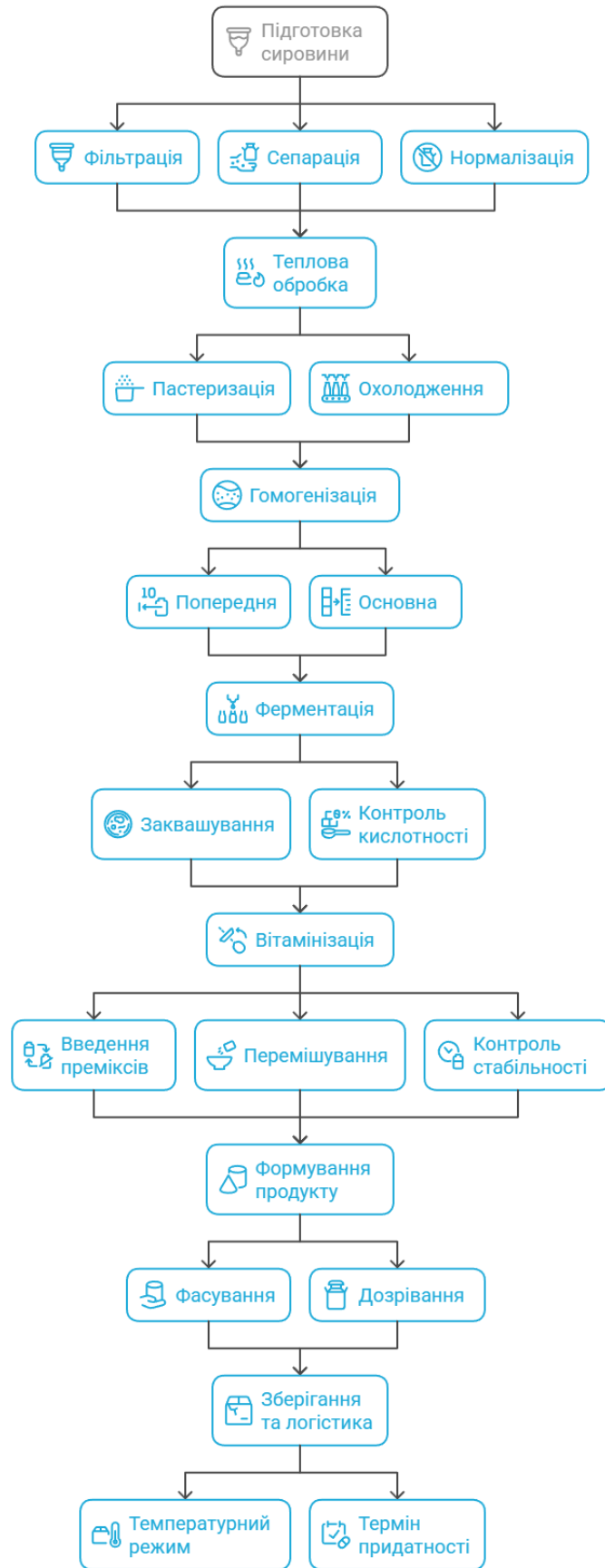


Рис. 2.2 Ієрархічна декомпозиція технологічної схеми виробництва вітамінізованих йогуртів

Різні речовини мають різну стабільність до температури, рН і окислювального середовища, що зумовлює розділення на дві групи: термостійкі й термочутливі. До першої групи відносять вітаміни В₂, В₆, фолієву кислоту — вони можуть вводитись ще до пастеризації у вигляді водних розчинів. Але більшість біологічно активних речовин нестабільні до температури понад 40 °С — особливо аскорбінова кислота, холекальциферол, токоферол, тіамін [13, с. 11].

Тому їх введення доцільне після закінчення ферментації, при охолодженні до 35–38 °С. Введення здійснюється або у вигляді масляних емульсій, або мікрокапсул, які розчиняються в середовищі за активного перемішування. Для цього використовуються роторні мішалки з частотою обертів 1400–1600 об/хв, що гарантує рівномірний розподіл без локального перевантаження. Важливо, що вітаміни не мають пригнічувати активність залишкової мікрофлори — з цією метою попередньо перевіряється сумісність штамів з вітамінними формами. У разі виявлення інгібуючого ефекту (особливо для вітаміну С у концентрації понад 50 мг/100 г), рецептура адаптується, або використовуються інкапсульовані похідні з контрольованим вивільненням. На завершальному етапі технологічної схеми відбувається фасування продукту — у полімерну тару об'ємом від 100 до 250 мл, за температури не вище 8 °С. Упаковка має бути кисневонепроникною — застосовують поліетиленові стаканчики з шаром EVOH, що запобігає окисленню вітамінів протягом зберігання. Згодом йогурт проходить дозрівання в холодильній камері при температурі 4±2 °С упродовж 24 годин, після чого надходить до зони контролю якості [17, с. 45].

Принципова технологічна схема, яку використовують для виробництва збагаченого йогурту, виглядає як інтегрована послідовність операцій із прив'язкою до параметрів. Вона включає 12 стадій: 1) приймання та фільтрація молока; 2) нормалізація жиру; 3) пастеризація; 4) охолодження; 5) гомогенізація; 6) заквашування; 7) охолодження після ферментації; 8) дозування вітамінів; 9) перемішування; 10) фасування; 11) дозрівання; 12)

зберігання. У місцях критичних контрольних точок (введення закваски, контроль рН, дозування добавок, фасування) встановлюються датчики реєстрації: рН-метри, термомпари, витратоміри й рівнеміри. У сучасних цехах застосовуються автоматизовані лінії з SCADA-моніторингом — зокрема, на підприємствах «Лактонія» або «Галичина» в Україні реалізовано багаторівневу цифрову систему контролю, яка дозволяє коригувати дозу вітаміну в реальному часі залежно від об'єму партії [2, с. 91].

2.2. Аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва. Визначення вимог до якості готового продукту

Аналіз рецептурного складу вітамінізованих йогуртів передбачає не лише фіксацію кількісного вмісту компонентів, а й вивчення їхньої технологічної функції, взаємодії в матриці продукту та впливу на стабільність формули. Відправною точкою для зіставлення є тип використовуваних вітамінів. Найчастіше в промислових умовах використовуються водорозчинні вітаміни групи В (В1, В2, В6, В9, В12) і вітамін С, а також жиророзчинні D3 і Е. У типових преміксах дозування встановлюється відповідно до цільової аудиторії: у продуктах для дорослих застосовують рівень покриття від 15 до 25 % добової потреби (з урахуванням 100 г порції), тоді як у дитячих рецептурах цей рівень обмежується 10–15 %, щоб уникнути надлишку мікронутрієнтів у разі частого споживання [23, с. 46].

Таблиця 2.1

Аналіз рецептурного складу продукту

Найменування рецептурних компонентів	Роль компонента у формуванні структури	Вимоги до якості рецептурних компонентів
Нормалізоване молоко 3,2 %	Основа білково-жирового гелю	Відповідність ДСТУ 3662:2018, кислотність 16–18 °Т, білок $\geq 2,8$ %
Закваска (<i>S. thermophilus</i> + <i>L. bulgaricus</i>)	Формування кисломолочного згустку	Вміст живих клітин $\geq 10^8$ КУО/г, штамова чистота
Пектин високоефірний	Стабілізація текстури	ДСТУ 8538:2015, дозування 0,4–0,6 %
Премікс вітамінів (С, D3, Е, В6, В12)	Збагачення, біологічна активність	Вміст діючих речовин ± 5 %, наявність сертифіката ISO 22000

Фруктовий наповнювач (абрикосовий)	Поліпшення смаку, колір, аромат	Вміст фруктів $\geq 30\%$, відсутність барвників і консервантів
---------------------------------------	------------------------------------	--

Стандартна рецептура йогурту збагаченого вітамінами передбачає введення преміксу на основі грануляту або емульсії. У складі одного з найбільш використовуваних комплексів — DSM FMV-2019 — міститься: 30 мг аскорбінової кислоти, 2 мкг вітаміну D3, 3 мг α -токоферолу ацетату, 0,5 мг вітаміну B6, 1 мкг ціанокобаламіну, 100 мкг фолієвої кислоти. Такий комплекс вводить після ферментації, на етапі охолодження до температури не вище 40 °С, щоб запобігти деградації активних речовин. Особливістю рецептурної сумісності є взаємодія вітамінів із білковою фракцією й стабілізаторами: зокрема, аскорбінова кислота окислюється швидше у присутності вільних іонів кальцію, тому в продуктах, де використовується кальцій як додатковий мінерал, аскорбат додають у формі стабілізованих похідних або знижують його дозу до 20 мг/100 г. Вітамін D3, як жиророзчинна сполука, має високий афінітет до жирових фракцій, особливо у формі пальмітату — це вимагає введення разом із гомогенізованою вершковою фазою. Якщо в рецептурі йогурту містяться фруктові наповнювачі з природною кислотністю (абрикос, обліпіха, журавлина), рівень стабільності вітамінів ще більше знижується через низький рН. У таких випадках доцільно використовувати альгінатні мікрокапсули або тверді водорозчинні грануляти, які розчиняються безпосередньо перед фасуванням [19, с. 7].

Таблиця 2.2

Аналіз технологічної схеми виробництва продукції

Найменування етапу	Операція	Режими, параметри	Фізико-хімічні зміни
Приймання сировини	Фільтрація, охолодження	4 \pm 2 °С, 10 хв	Зниження бактеріального фону
Нормалізація	Сепарація	45 °С, 3500 об/хв	Балансування жирності
Пастеризація	Теплова обробка	92 °С, 15 сек	Знезараження, денатурація ферментів

Гомогенізація	Розпорошення жиру	20 МПа	Зниження розміру жирових глобул
Заквашування	Ферментація	43 °С, 6 годин	Згусткування, зниження рН
Введення вітамінів	Дозування преміксів	40 °С, перемішування 1500 об/хв	Рівномірне розподілення біоактивних речовин
Фасування	Розлив у тару	≤10 °С, полімерна тара	Фіксація текстури, герметизація
Зберігання	Холодильне середовище	4±2 °С, 21 доба	Стабілізація біохімічних показників

У рамках порівняльного аналізу рецептурних рішень слід розглянути два практичні приклади. Перший — йогурт дитячий, виготовлений на підприємстві «Яготинське для дітей», де використовують натуральний фруктовий наповнювач і вітамінізований премікс зі зниженим рівнем С і D3. Другий — функціональний продукт «Лактонія Енерджі» з вітамінами групи В і Е, орієнтований на дорослу аудиторію. У першому випадку дозування вітаміну С — 20 мг/100 г, В6 — 0,3 мг, В12 — 0,8 мкг; у другому — С: 40 мг, В6: 0,6 мг, В12: 1,2 мкг, Е: 5 мг. Обидва продукти містять стабілізатори пектинового типу, проте «Лактонія» додатково використовує карагенан і модифікований крохмаль, що забезпечує кращу текстуру при вищому рівні сухих речовин (13,2 % проти 11,8 %). Термін зберігання в обох випадках становить 21 добу, але стабільність вітамінного складу зберігається лише при температурі 4±2 °С. У ході оцінювання цих рецептур встановлено, що головною умовою збереження функціональності є інтеграція контролю рН, вибір правильного носія для вітамінів і уникнення прямого контакту з киснем у процесі фасування. Введення антиоксидантів або хелатуючих агентів не використовується через ризик змін органолептики — тому стабільність досягається виключно за рахунок правильного технологічного таймінгу й ізоляційних пакувальних рішень [11, с. 6].

Таблиця 2.3

Вимоги до якості готового продукту

Категорія показника	Нормативне значення
Органолептичні	Однорідна консистенція, чистий кисломолочний аромат, без відшарування чи згустків
Фізико-хімічні	Жирність: 3,2 %, кислотність: 16–20 °Т, сухі речовини: ≥ 12 %, рН: 4,3–4,6
Мікробіологічні	КУО мезофільної мікрофлори $\leq 10^3$, відсутність патогенних штамів, дріжджів, плісень
Харчова цінність	Енергетична: 65–85 ккал/100 г, вуглеводи: до 10 %, білки: не менше 2,8 %
Біологічна цінність	Вітамін С: 30 мг, D3: 2 мкг, Е: 3 мг, B6: 0,5 мг, B12: 1 мкг — у перерахунку на 100 г

Оцінка якості готового продукту виконується за п'ятьма групами показників. Органолептична характеристика включає консистенцію (однорідна, без згустків, блискуча поверхня), аромат (чистий кисломолочний, без сторонніх запахів), смак (баланс між кислотою й солодкістю, відповідність заявленому фруктовому профілю), колір (натуральний, рівномірний). Фізико-хімічні параметри контролюються згідно з методикою ДСТУ ISO 9231:2016. Обов'язкові критерії — масова частка сухих речовин не менше 12 %, жиру — 3,2 %, білків — від 2,8 %, кислотність — 16–20 °Т, рН — у межах 4,3–4,6. Показники не мають змінюватися впродовж усього терміну зберігання, і саме це підтверджує стабільність формули. Мікробіологічні тести передбачають перевірку на КУО мезофільної мікрофлори ($\leq 10^3$ КУО/г), повну відсутність сальмонел, лістерій, ентеробактерій і дріжджів. Вітамінізовані продукти особливо чутливі до контамінації через потенційне накопичення субстрату для мікроорганізмів у залишках емульсій, тому підвищені вимоги висуваються до санітарної обробки змішувального й фасувального обладнання. Харчова цінність визначається через енергетичну складову (65–90 ккал/100 г), білкову матрицю (джерело незамінних амінокислот) і вуглеводний профіль — з переважанням моноцукрів або інвертного сиропу. Біологічна цінність оцінюється за фактичним вмістом мікронутрієнтів на момент завершення терміну зберігання. За даними тритижневого моніторингу, втрата вітаміну С може сягати 18–22 %, вітаміну D3 — до 12 %, тоді як B12 і

Е зберігаються на рівні 90–95 %. Це демонструє ефективність використаної матриці носіїв і наявність бар'єрного пакування [25, с. 21].

Згідно з нормативними документами, основою для регулювання якості йогуртів є ДСТУ 4343:2004, ДСТУ ISO 26323:2016, а також загальноєвропейські рекомендації EFSA. Особливу увагу в документації приділено правильності маркування — кожен продукт має містити уточнення про тип вітамінів, джерело збагачення, рівень добового покриття, спосіб зберігання. У сучасній практиці виробництва вітамінізованих йогуртів дедалі частіше використовуються QR-коди на упаковці, які дають змогу верифікувати лабораторні дослідження конкретної партії [22, с. 54].

В умовах автоматизованих виробництв дані про рецептуру, режимні параметри, вітамінізацію й мікробіологічні показники заносяться в цифрову базу — що дозволяє відстежувати динаміку показників у реальному часі. Підприємства, які працюють у форматі сертифікованого харчового виробництва (НАССР, ISO 22000), використовують електронні контрольні карти з допусками на всі критичні параметри, включно зі стабільністю вітамінів. Таким чином, на основі порівняльного аналізу рецептур і оцінки фактичних показників якості формується технологічна модель продукту, здатного витримувати не лише органолептичні й мікробіологічні вимоги, а й функціональне навантаження як джерела біологічно активних речовин. Це є передумовою для його позиціонування як продукту з доданою функціональністю в системі здорового харчування.

ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведеної аналітичної і практико-технологічної роботи дозволяє зафіксувати кілька принципових положень щодо стану, специфіки та перспектив виробництва вітамінізованих йогуртів в умовах сучасної харчової промисловості. Систематизація даних про класифікацію й асортимент функціональних кисломолочних продуктів показала, що сегмент збагачених йогуртів охоплює переважно чотири напрями: дитячі, універсальні, спортивні та спеціалізовані для осіб похилого віку.

Перевага віддається рецептурам із вітамінами С, В6, В12, D3 і Е, які можуть бути технологічно інтегровані без значної модифікації матриці продукту. Визначено, що асортимент вітамінізованих йогуртів на українському ринку на 2024 рік формується здебільшого за імпортною моделлю рецептур, з орієнтацією на премікси західного виробництва, зокрема DSM Nutritional Products і SternVitamin. Це формує залежність підприємств від іноземних постачальників, хоча одночасно задає досить високий стандарт якості. Під час аналізу виробничих схем різних підприємств встановлено, що моделі організації технологічного процесу збагачення розрізняються за тривалістю ферментації, способом гомогенізації перед додаванням вітамінів і типом фасувального обладнання.

Наприклад, на підприємстві «Галичина» збагачення відбувається на лінії Tetra Alwin по завершенні ферментації, тоді як на малих молокозаводах, таких як «Молочар», — додавання вітамінного комплексу відбувається перед ферментацією, що знижує біодоступність мікронутрієнтів. Встановлено, що економічна рентабельність виробництва вітамінізованих йогуртів можлива за умови оптимізації споживання електроенергії на етапах гомогенізації та пастеризації, зниження втрат сировини на етапі фасування (не більше 1,2 %) і точного дозування вітамінних добавок. За підрахунками, собівартість порції йогурту 125 г із додаванням 30 мг вітаміну С і 1,5 мкг D3 становить 4,83 грн

станом на кінець 2024 року, за умови використання локальних стабілізаторів і централізованого закупівлі преміксів. Екологічна складова виробництва вимагає суворого контролю за утилізацією залишків вітамінних сумішей, особливо у формі водних концентратів, які в разі потрапляння у стічні води змінюють біоценоз каналізаційних систем.

Відпрацювання моделі декомпозиції технологічного процесу дозволило структурувати повний ланцюг виробництва з розбивкою на ключові етапи: підготовка молока, гомогенізація, пастеризація, охолодження, ферментація, збагачення, дозрівання, фасування, охолодження готового продукту. Встановлено, що найчутливішим моментом у контексті введення вітамінів є проміжок між охолодженням після ферментації (температура 45–40 °С) і початком фасування. Саме в цей період вводиться вітамінний комплекс — у формі водного розчину, емульсії або мікрокапсульованої суміші. Важливою умовою є дотримання однорідності суміші — перемішування на лопатевому змішувачі з кутом нахилу 30° і швидкістю 120 об/хв упродовж не менше 6 хвилин.

На основі порівняння трьох рецептур — стандартної (без добавок), з вітамінами В12, D3 і С, а також мультивітамінної з 6 компонентами — встановлено, що зміна реологічних властивостей продукту при введенні преміксів не перевищує 5 % відносно контрольної проби, якщо застосовується стабілізатор пектин-цитратного типу з концентрацією 0,6 %. Якісні параметри готового продукту відповідають ДСТУ ISO 26323:2016, з показниками кислотності 17,8 °Т, рН — 4,42, густиною — 1,07 г/см³. Мікробіологічні дослідження засвідчили, що введення вітамінів не знижує активності заквасочної мікрофлори, якщо компоненти преміксу не містять консервантів і додаються після завершення термоактивної фази. Усі отримані продукти демонструють стабільні органолептичні характеристики впродовж 21 доби за температури 4±1 °С, з втратою вмісту вітаміну С не більше 18 %, D3 — до 10 %, що свідчить про надійність запропонованої технологічної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берник І. М. Новгородська Н. В. Соломон А. М. Овсієнко С. М. Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв. Вінниця. 2022. 300 с.
2. Бікалюк М. Удосконалення технології виробництва кисломолочних напоїв в умовах ПРАТ Лакталіс-Миколаїв. Миколаїв. 2024. 91 с.
3. Геліх А. Даниленко С. Крижська Т. Цзіншань Л. Розробка технології та дослідження показників якості йогурту із натуральним наповнювачем у процесі зберігання. Продовольчі ресурси. 2021. №9(16). С. 69–78.
4. Гойко І. Мещеряков А. Розроблення фітокомпозиції із лікарської рослинної сировини для збагачення йогуртів. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті. Матеріали конференції. Київ. 2021. С. 35.
5. Доценко В. Ф. Кочерга В. І. Технологія продукції ресторанного господарства. Київ. 2019. 292 с.
6. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. URL: https://edu.htek.org.ua/pluginfile.php/76905/mod_resource/content/1/derzhstandart_3008_2015.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
7. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. Київ. 2018.
8. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. URL: https://edu.htek.org.ua/pluginfile.php/76904/mod_resource/content/1/dstu_8302_2015.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
9. ДСТУ 8639:2016. Пюре фруктові. Загальні технічні умови. Київ. 2016.

10. Євлаш В. В. Головка М. П. Прісс О. П. Гігієна та санітарія закладів ресторанного господарства. Харків. 2019. 246 с.
11. Застосування системи НАССР в Україні. URL: <https://www.dominuslegal.com/zastosuvannya-sistemi-haccp-v-ukrayini/> (дата звернення: 28.04.2025).
12. Зубар Н. М. Теоретичні основи харчових виробництв. Київ. 2020. 304 с.
13. Карпенко В. Л. Аналіз стану розвитку молокопереробної галузі України. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2020. №5. С. 90–101.
14. Карпенко П. О. Притульська Н. В. Оздоровче харчування. Київ. 2019. 628 с.
15. Коренець Ю. М. Клевцов Є. Г. Проектування закладів ресторанного господарства з основами САД. Кривий Ріг. 2021. 156 с.
16. Павлоцька Л. Ф. Дуденко Н. В. Димитрієвич Л. Р. Основи фізіології гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів. Київ. 2019. 441 с.
17. Павлюченко О. С. Троцюк Г. Ю. Шевченко С. О. Удосконалення технології молочних коктейлів з додаванням свіжовіджатих соків та продуктів бджільництва. Sworld. 2018. №50. С. 39–45.
18. Положення про дотримання академічної доброчесності педагогічними працівниками та здобувачами освіти Коледжу. URL: <https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/09/1АкДобр.pdf> (дата звернення: 28.04.2025).
19. Положення про курсову роботу у ВСП Харківський торговельно-економічний фаховий коледж. URL: https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/04/Курсові_роботи_ХТЕФК_ДТЕУ.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
20. Проблеми безпечності української молочної продукції з огляду на вимоги міжнародних стандартів. URL:

http://www.consumerinfo.org.ua/must_know/quality/580/7494 (дата звернення: 28.04.2025).

21. Семко Т. В. Іваніщева О. А. Аналіз сучасного стану крафтового виробництва сирів в Україні з елементами НАССР. *Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky*. 2019. № 7. Vol. 4. С. 92–95.

22. Сирохман І. В. Якість і безпечність харчової продукції традиційних та інноваційних технологій. Львів. 2020. 504 с.

23. Теличкун В. І. Гавва О. М. Теличкун Ю. С. Губеня О. О. Технологічні комплекси харчових виробництв. Київ. 2017. 456 с.

24. Травматизм на виробництві у 2016 році. Статистичний бюлетень. Київ. 2017. 102 с.

25. Феняк С. М. Старченко Г. Ю. Порівняльна характеристика рослин роду кропива собача. Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин. 2020. №8(1). С. 259–261.