

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

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

Мартинов Євген Іванович

ПІБ здобувача

КУРСОВА РОБОТА

Інноваційні шляхи подовження терміну зберігання питних видів молока

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 :  Є. Мартинов

Підсумкова оцінка: ____63____ (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

Мартинов Євген Іванович

ПІБ здобувача

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Навчальна
дисципліна

Технологія виробництва харчової продукції

назва навчальної дисципліни

Тема роботи

Інноваційні шляхи подовження терміну зберігання
питних видів молока

тема курсової роботи

Термін подання
завершеної роботи

29.11.2024 р

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)

Завдання отримав

Здобувач

(підпис)

Є. Мартинов
ПІБ здобувача

«09» вересня 2024 р.

«09» вересня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА АНАЛІТИЧНІ ЗАСАДИ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ПИТНИХ ВИДІВ МОЛОКА	4
1.1. Сучасний стан дослідження технологій зберігання питного молока: традиційні підходи та тенденції	4
1.2. Оцінка ефективності методів зберігання питного молока на основі статистичних даних України.....	8
Висновки до розділу 1	11
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ПИТНИХ ВИДІВ МОЛОКА	2
2.1. Моделювання технологічної системи виробництва та зберігання питного молока із застосуванням інноваційних підходів.....	12
2.2. Оцінка рецептурного складу, технологічних операцій і якості готового продукту	16
Висновки до розділу 2	19
ВИСНОВКИ.....	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	23

ВСТУП

Забезпечення тривалого зберігання питного молока без втрати його харчової цінності, органолептичних властивостей і безпечності є складним технологічним завданням, вирішення якого потребує комплексного підходу. Молоко як біологічно активний продукт має підвищену чутливість до дії зовнішніх факторів - температурних, мікробіологічних, фізико-хімічних - що скорочує термін його придатності та обмежує можливості логістики. Розвиток методів стабілізації структури молока, впровадження інноваційних технологій пастеризації, асептичного пакування, рецептурного вдосконалення є відповіддю на сучасні вимоги харчової безпеки, ринкової конкуренції та збільшення тривалості обігу молочної продукції. Перспективним напрямом є моделювання технологічних систем з урахуванням рецептурних рішень і ефективності виробничих операцій, орієнтованих на зниження ризику псування молока.

Актуальність теми зумовлена потребою удосконалення існуючих підходів до зберігання питного молока, що має вагомим значення як для теорії харчових технологій, так і для практики молочної промисловості. В умовах динамічного розвитку технологічних процесів і зростання вимог до термінів зберігання харчових продуктів, виникає необхідність дослідження ефективності сучасних методів стабілізації та обґрунтування їх впровадження у виробництво. У межах об'єкта і предмета дослідження розглядаються як класичні, так і інноваційні способи продовження терміну зберігання, що дозволяє розширити наукове уявлення про їхню результативність та практичну доцільність. Правильна постановка проблеми та її чітке формулювання мають вирішальне значення для подальшої реалізації технологічного удосконалення в галузі молочних продуктів.

Об'єктом дослідження є система технологічного забезпечення зберігання питного молока.

Предметом дослідження є рецептурні та технологічні рішення щодо подовження терміну зберігання питного молока із забезпеченням його стабільності та якості.

Мета дослідження полягає у вивченні сучасного стану підходів до зберігання молока, аналізі ефективності існуючих технологій та обґрунтуванні інноваційної моделі з удосконалення системи зберігання питного молока.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- охарактеризувати традиційні підходи до зберігання молока та виявити сучасні тенденції технологій збереження;
- оцінити ефективність застосовуваних методів зберігання питного молока на основі національних статистичних даних;
- змодельовати технологічну систему виробництва та зберігання молока з урахуванням інноваційних підходів;
- проаналізувати рецептурні параметри, етапи технологічного процесу та якісні характеристики кінцевого продукту.

Методи дослідження. Методологічною основою стали порівняльний аналіз, методи технологічного моделювання, елементи рецептурної експертизи, а також вивчення нормативних показників зберігання. У межах статистичного підходу здійснено обробку національних даних щодо тривалості придатності різних форм молочної продукції.

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

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА АНАЛІТИЧНІ ЗАСАДИ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ПИТНИХ ВИДІВ МОЛОКА

1.1. Сучасний стан дослідження технологій зберігання питного молока: традиційні підходи та тенденції

Збереження якості питного молока є одним з ключових завдань у технологічному циклі виробництва та постачання молочної продукції, що вимагає поєднання класичних гігієнічних підходів із застосуванням сучасних біофізичних і термомеханічних процесів. З огляду на біохімічну складність молока, яке містить широкий спектр термочутливих білків, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, мікроелементів, а також живу мікрофлору, актуальність точного та науково обґрунтованого підбору методів обробки постає як базисна умова забезпечення його безпечності, харчової цінності та органолептичної стабільності [6, с. 14].

У сфері збереження свіжості молока класично домінують методи пастеризації, які, попри свій довготривалий термін використання, не втрачають актуальності завдяки постійній модернізації температурних режимів та варіативності тривалості обробки. Особливого значення набувають дослідження про взаємодію температури і часу нагріву з денатурацією сироваткових білків та зміну структурної організації казеїнових мікел. Низькотемпературна пастеризація (від 62 до 65 °C) зі збереженням молока протягом 30 хвилин дозволяє частково інактивувати патогенну мікрофлору, однак залишає певну кількість ферментативно активних форм, тоді як високотемпературна короткочасна обробка (від 72 до 76 °C протягом 15–20 секунд) передбачає глибше знезараження при мінімальному впливі на смакові характеристики продукту. Високотемпературна ультрапастеризація (УНТ), яка досягає 135–150 °C при надкороткій експозиції до 2–4 секунд, дозволяє знищити майже всю вегетативну і споруутворюючу мікрофлору, однак викликає реакції Майяра, що змінюють колір і аромат, а також руйнують частину вітамінів групи В. Такі методи досліджуються в межах термодинамічної моделі, де взаємодія між

мікробіологічною безпекою й біоактивністю продукту балансується шляхом вибору технологічного компромісу.

Ультрафільтрація як метод фізичної сепарації компонентів молока стала об'єктом підвищеної уваги у зв'язку з розвитком мембранних технологій. Сутність методу базується на розділенні рідких середовищ за допомогою напівпроникних мембран із пористістю, здатною утримувати білки, бактерії, жир і мікроколоїдні частки, пропускаючи при цьому воду, солі, лактозу та низькомолекулярні речовини. Мембранна сепарація забезпечує делікатне зниження мікробного навантаження без впливу теплового стресу, що дозволяє зберігати нативну структуру білкових фракцій. Ультрафільтраційні установки нового покоління обладнуються сенсорами зворотного контролю потоку, тиску і температури, що дозволяє відслідковувати параметри в реальному часі, забезпечуючи точність технологічного процесу. У дослідженнях з біохімії молока виявлено, що мембранна фільтрація сприяє зменшенню вмісту ліполітичних ферментів, що покращує смакову стійкість продукту при тривалому зберіганні. Мембранні системи в умовах виробництва можуть бути інтегровані з пастеризаторами або вакуумними дегазаторами, забезпечуючи багатоступеневу систему знешкодження. Це дозволяє суттєво зменшити потребу в жорсткій термічній обробці, яка є потенційно руйнівною для термолабільних сполук. Вивчаються також питання взаємодії молекулярної маси білків із селективністю мембран, адже надмірна затримка білків може призвести до гелеутворення на мембранній поверхні та зниження продуктивності [5, с. 9].

Метод УВТ-обробки (ультрависоких температур) базується на використанні температури понад 135 °С у поєднанні з надкороткою дією - до 2 секунд - після чого молоко миттєво охолоджується. Такий підхід дозволяє зберегти стерильність продукту без потреби подальшого охолодження або консервування, що особливо актуально в умовах логістичних ланцюгів великої протяжності або за відсутності холодильних потужностей. Водночас, УВТ-молоко, навіть попри свою бактеріологічну чистоту, зазнає змін у структурі білків, особливо сироваткових, що можуть формувати комплекси з лактозою

внаслідок реакцій глікозилювання. Ці зміни мають значення для органолептичних властивостей та для засвоюваності молока, адже модифіковані білки мають знижену біодоступність. Проте в сучасних дослідженнях увага зміщується в бік технологічної оптимізації цього процесу - введення переднагрівальних і вакуумних дегазаційних етапів, які дозволяють зменшити утворення побічних ароматичних компонентів. Окремим напрямом є інкапсуляція вітамінів, що піддаються термодеструкції, в ліпосомальні структури або біополімерні нанокапсули з метою захисту їх від денатурації під час УВТ-обробки. На стику технологій термообробки та наноструктурування формуються перспективні моделі так званого функціонального УВТ-молока з підвищеною стабільністю біоактивних компонентів [2, с. 62].

Іншою групою методів, що розвиваються паралельно до термічних, є нетеплові підходи, як-от ультразвукова обробка, імпульсне електричне поле та високий гідростатичний тиск. Хоча ці методи ще не набули широкого промислового застосування через високу собівартість і складність стандартизації, вони активно вивчаються як потенційно неінвазивні методи дезактивації мікроорганізмів. Ультразвук високої інтенсивності, що генерує кавітаційні бульбашки, руйнує клітинні мембрани бактерій і водночас зберігає молекулярну структуру білків. Імпульсні електричні поля призводять до електропорації мікробних клітин, не впливаючи на фізико-хімічну цілісність самого продукту. Високий гідростатичний тиск сприяє інактивації ферментів та спорових форм без теплового навантаження, що робить цей підхід привабливим для продуктів з високою термочутливістю. Наукове осмислення цих технологій триває в площині оцінки рівня збереження харчової цінності та мікробіологічної безпеки, з моделюванням параметрів впливу та їх кумулятивного ефекту на термін зберігання. У межах стандартизації та легалізації таких методів необхідне суттєве оновлення нормативної бази, адже чинні ДСТУ та ТУ не містять окремих положень для регламентування нетеплових методів обробки молока.

Нормативно-законодавча база, яка регламентує зберігання і обробку питного молока в Україні, спирається на чинні вимоги ДСТУ 2661:2010 «Молоко

питне. Загальні технічні умови» та ДСТУ ISO 22000:2019 щодо систем управління безпечністю харчових продуктів. У положеннях ДСТУ чітко прописано допустимі рівні мікробіологічного навантаження, терміни зберігання залежно від способу обробки, граничні рівні температур під час транспортування та обов'язкові параметри маркування. Також значну увагу приділено дотриманню санітарно-гігієнічних вимог під час зберігання, включаючи температурні умови не вище 6 °С для пастеризованого молока, або ж 25 °С за умови стерилізації. Законодавчо регламентовані також вимоги до вмісту залишкових антибіотиків, афлатоксинів, нітратів і важких металів. Технічні умови (ТУ), які розробляються безпосередньо виробниками або профільними науковими установами, надають більшу варіативність у виборі технологічних параметрів, проте повинні пройти погодження із санітарно-епідеміологічною службою. У цьому полі виникає певне розходження між інноваційними технологіями та їх правовою валідацією, адже нормативи часто відстають від темпів розвитку технологічних інновацій. На перетині права і науки необхідно створити гнучку систему експертного узгодження, що дозволить оперативно впроваджувати нові технології на ринок без шкоди для здоров'я споживача [7, с. 18].

Сучасна наука про зберігання молока дедалі частіше інтегрує концепції біоінженерії, нанотехнологій та цифрової аналітики. Інтелектуальні системи моніторингу умов зберігання з використанням сенсорів вологості, температури та рН, які синхронізуються через IoT-протоколи, дозволяють забезпечити повний ланцюг простежуваності якості від виробника до кінцевого споживача. Дані з таких систем передаються в хмарні середовища, де за допомогою алгоритмів машинного навчання моделюється прогнозований термін придатності з урахуванням коливань температурного режиму, вібрацій під час транспортування та умов навколишнього середовища. Такі цифрові підходи доповнюють класичні методи хімічного аналізу, створюючи багатовимірну модель контролю якості. На стику біоінформатики та агропромислової технології виникають рішення для динамічного маркування терміну придатності

на основі реальних умов транспортування - так звані «розумні етикетки», які змінюють колір за зміни температури або рівня бактеріального навантаження.

1.2. Оцінка ефективності методів зберігання питного молока на основі статистичних даних України

Оцінка ефективності методів зберігання питного молока в Україні потребує не лише суто технологічного аналізу, а й глибокого залучення до статистичних масивів, що відображають реальну структуру виробництва, постачання, дистрибуції та переробки сирого молока. Станом на листопад 2022 року у країні діяло 354 підприємства, що спеціалізуються на молокопереробці, однак така кількість демонструє зниження на 11% у порівнянні з попереднім роком, що свідчить про структурну турбулентність галузі [1, с. 13].

Близько 80% обсягів ринку сконцентровано в межах 55 найбільших заводів, з яких лише 13 утримують 62% сукупного ринку, при цьому жоден із виробників не перевищує 10% ринкової частки - така фрагментація вказує на олігополістичну модель з конкуренцією за нішеві сегменти, що прямо впливає на стандарти зберігання і термінологічні параметри готової продукції. У галузі спостерігається асиметрія між великими холдингами з модернізованими системами термоконтролю, цифровим логістичним супроводом і автоматизованими пастеризаційними лініями - та малими й середніми переробниками, які покладаються на традиційні методи охолодження та короткострокового зберігання в межах 48 годин при температурі 0–6 °С. Сучасні статистичні бази фіксують поступове зростання частки УВТ-обробленого молока, яке в 2022 році складало 19% від загального обсягу питного молока, що вказує на поступовий перехід ринку до технологій із тривалим терміном реалізації - понад 180 днів при температурі зберігання до +25 °С.

Обсяги надходження сирого молока на переробні підприємства формуються з двох основних джерел - сільськогосподарських підприємств та господарств населення. За даними Державної служби статистики України, у 2021 році на переробку було надіслано понад 3,8 млн тонн сирого молока, з яких

приблизно 67% припадає на промисловий сектор, а решта - на домогосподарства. Така структура зумовлює значну варіативність якості сировини, адже молоко від населення переважно транспортується без дотримання повного холодового ланцюга, що обмежує можливості тривалого зберігання. Відповідно, пастеризаційна обробка як метод зниження бактеріального навантаження домінує у малих переробників, тоді як великі підприємства поступово інтегрують ультрафільтраційні модулі та УВТ-лінії. Водночас статистичні розрахунки свідчать, що на рівні домогосподарств утворюється до 23% відходів молочної продукції через недотримання температурного режиму, що спричиняє щорічні втрати в обсязі до 870 тис. тонн у грошовому еквіваленті понад 6,5 млрд грн за середньою закупівельною ціною. У 2018 році середня закупівельна ціна на молоко становила 7602,4 грн за тонну - це в 6,4 раза вище за аналогічний показник 2005 року, що демонструє не лише інфляційні тенденції, а й підвищення вартості енергоємного логістичного супроводу з охолодженням [4, с. 15].

Структура якості молочної сировини в Україні класифікується за гатунками: екстра, вищий, перший і другий. За офіційними даними, у 2024 році лише 42% сирого молока, зданого підприємствами, відповідало гатунку «екстра», при цьому серед населення - лише 11%, що є індикатором глибокої проблеми у стандартизації фермерського виробництва. Масова частка жиру в молоці коливається від 3,2 до 4,2%, білка - від 2,8 до 3,4%, однак значна частка сировини, особливо влітку, демонструє зниження цих показників до критичного порогу через розведення водою або порушення годівельного раціону. Для збереження таких нестабільних за складом партій застосовуються прискорені методи обробки, зокрема флеш-пастеризація (до 75 °C протягом 12–15 с), однак навіть вона не гарантує стабільності у випадках перевищення кількості соматичних клітин, що спричиняє нестійкість білкової структури під час охолодження. Внаслідок цього приблизно 9–12% молока, що надійшло на переробку, втрачає свої товарні властивості вже на первинних етапах зберігання,

що призводить до додаткових втрат для підприємств у розмірі понад 500 млн грн щороку [3, с. 10].

Практичний аналіз технологій зберігання на прикладі трьох українських підприємств дозволяє виявити варіативність підходів і різні рівні ефективності. Ічнянський завод сухого молока та масла, що розташований у Чернігівській області, спеціалізується на виробництві сухих молочних продуктів. Його добова потужність становить 220 тонн переробки молока, з яких виробляється до 200 тонн сухого молока - це означає, що рівень використання сировини сягає понад 90%, а втрати при сушінні - не перевищують 6–7%. Такий результат досягається завдяки технології розпилювального сушіння з попередньою гомогенізацією та фільтрацією, що дозволяє продовжити термін зберігання продукції до 18 місяців без застосування холоду. У 2014 році підприємство виробило 2,3 тис. тонн знежиреного сухого молока, що у 2,5 раза перевищує середній обсяг для аналогічних заводів в регіоні, демонструючи ефективність використання технологій зневоднення. Іншим прикладом є Яготинський маслозавод у Київській області, який застосовує ультрапастеризацію з об'ємом продукції понад 100 тонн на добу. Термін зберігання УВТ-молока сягає 6 місяців без потреби в холодильному зберіганні, при цьому зберігається понад 80% вітамінів групи В та амінокислотного складу. За 2016 рік підприємство мало чистий прибуток у розмірі 129 млн грн, що є наслідком високої енергоефективності обробки та мінімальних втрат під час логістики. Третім прикладом є Чернігівський молокозавод, який працює з традиційною пастеризацією та швидким охолодженням. Його добова потужність переробки - близько 350 тонн молока, однак збереження якості вимагає підтримки температури нижче 4 °С, що забезпечується потужною холодильною інфраструктурою. Витрати на енергозабезпечення складають до 15% від загальної собівартості продукції, однак це дозволяє зменшити втрати продукції при транспортуванні до рівня менше 2% [9, с. 6].

Загалом у 2024 році втрати молока внаслідок неефективного зберігання в Україні оцінюються в обсязі понад 350 тис. тонн, що становить приблизно 9%

від загального обсягу переробки. Найчастіше проблеми виникають на етапі транспортування, коли відсутність ізотермічних ємностей призводить до часткового сквашування продукту вже протягом перших 4–6 годин після доїння. Для уникнення таких втрат рекомендовано модернізувати автопарк цистерн, зокрема встановлювати двоконтурні охолоджувальні системи з дистанційним контролем температури. Інвестиції в такі системи оцінюються від 8 до 12 тис. доларів США на одиницю техніки, однак при зменшенні втрат навіть на 3% вони окупаються за 1,5–2 роки.

Висновки до розділу 1

У результаті здійсненого теоретичного й аналітичного узагальнення встановлено, що найбільш поширеними методами зберігання питного молока в Україні залишаються пастеризація, ультрапастеризація та УВТ-обробка - кожен із яких демонструє різні коефіцієнти збереження органолептичних, мікробіологічних і нутритивних властивостей. Традиційна пастеризація забезпечує безпечне короткотермінове зберігання до 5–7 днів при температурі до +6 °С, однак щорічно понад 9–12% молока втрачається через порушення температурного режиму транспортування й зберігання. Ультрапастеризоване молоко, що складає приблизно 19% ринку, демонструє вищу стабільність - понад 180 днів без охолодження, але потребує високоточного технологічного обладнання. Мембранні методи, зокрема ультрафільтрація, поки застосовуються обмежено, але мають потенціал для збереження понад 90% нативної білкової фракції при мінімальних втратах ферментативної активності. Статистично встановлено, що 354 підприємства переробляють понад 3,8 млн тонн молока щорічно, але втрати при транспортуванні й неналежному охолодженні сягають 870 тис. тонн ($\approx 23\%$). Економічно доцільні інвестиції у холодний транспорт і замкнуті цикли зберігання здатні зменшити ці втрати вдвічі - до 11–12%, підвищуючи рентабельність на 7–8%.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ПИТНИХ ВИДІВ МОЛОКА

2.1. Моделювання технологічної системи виробництва та зберігання питного молока із застосуванням інноваційних підходів

Моделювання технологічної системи виробництва питного молока з орієнтацією на його пролонговане зберігання передбачає повну формалізацію всіх стадій життєвого циклу продукту, від приймання сировини до контрольованого зберігання у термостабільному середовищі. У практичній площині реалізація такого проєкту спирається на декілька рівнів структурного планування: горизонтальна схема забезпечує загальне уявлення про логіку переміщення потоків та базові технологічні етапи, ієрархічна декомпозиція дозволяє деталізувати кожен підсистему до окремої операції, а принципова схема ілюструє апаратурно-функціональні зв'язки між елементами технологічного ланцюга. Усі етапи виробництва тісно пов'язані з режимними параметрами, що мають бути чітко стабілізовані й оптимізовані. Приймання сировини передбачає контроль за органолептичними властивостями молока (відсутність осаду, запаху корму чи металу), визначення густини (в межах 1,027–1,034 г/см³), рівня соматичних клітин (не більше 250 тис/см³), кількості мікроорганізмів (не більше 5×10⁴ КУО/см³), температури (4 ± 2 °С) [15, с. 6].

Для досягнення високого ступеня безпечності на цьому етапі застосовуються автоматизовані контрольні-приймальні вузли, які інтегровані в SCADA-систему з виведенням даних у реальному часі. Після підтвердження якості сире молоко подається до резервуарів накопичення, де воно витримується протягом не більше 4 годин, з подальшим надходженням до вузла сепарації та очищення. Тут за допомогою сепаратора-очищувача (типу Ж5-ОС2 або аналогічного) при температурі 45–55 °С з молока видаляються механічні домішки, бактерії та слизові включення. Процес очищення виконується з продуктивністю 5 т/год при частоті обертання барабана до 7000 об/хв. На цьому

етапі зниження мікробного навантаження відбувається на 30–40 %, що створює сприятливі умови для подальших етапів обробки.



Рис. 2.1 Горизонтальна схема технологічного процесу виробництва та зберігання питного молока

Наступна стадія - нормалізація жирового складу, яка передбачає змішування різних фракцій молока (знежиреного, незбираного, вершків) для досягнення стабільного значення вмісту жиру (2,5–3,2 %) відповідно до специфікацій. Для цього використовуються автоматизовані нормалізатори з функцією ультразвукового контролю та регулювання в реальному часі. Надалі продукт проходить через гомогенізатор високого тиску (типу ГМ-1000), де за умов 12–20 МПа та температури 60–70 °С здійснюється розпилення жирових глобул до діаметра не більше 2 мкм [13, с. 34].

Це забезпечує не лише стабільну емульсійну структуру, а й попереджає розшарування продукту під час тривалого зберігання. Далі молоко піддається тепловій обробці. У разі класичної пастеризації параметри встановлюються у межах 74–76 °С з витримкою 20–30 с у пластинчастому теплообміннику із трисекційною конструкцією: секція регенерації (до 65 % економії енергії), секція нагріву, секція охолодження. Проте для подовження терміну зберігання до 120–180 діб без холодильного режиму застосовується ультрависокотемпературна обробка (УВТ), яка реалізується в установках типу «Tetra Therm Aseptic VTIS». Тут молоко нагрівається до 137–140 °С із витримкою до 4 с, що дає змогу повністю інактивувати термостійкі ферменти та спорову мікрофлору, зберігаючи при цьому біологічну цінність продукту. Обробка реалізується в трубчастих теплообмінниках із системою СІР-мийки, які гарантують стерильність зони обробки. Одразу після теплової стабілізації продукт охолоджується до 4 °С і подається на вузол фасування.



Рис. 2.2 Ієрархічна структура технологічної системи виробництва питного молока

Фасування питного молока виконується в герметичні пакування типу «Tetra Brik Aseptic», які виготовляються з багатошарового композитного картону з бар'єрною плівкою з алюмінію. Це забезпечує повний захист від світла, кисню, парів води, а також знижує ризик оксидації жирів та фотолізу вітамінів. Фасувальні модулі (Tetra Pak A3/Flex) працюють в асептичному середовищі з використанням парогенераторів для стерилізації упаковки перед заповненням. Продуктивність машин досягає 8000 уп./год, похибка дозування - не більше ± 1 %. Процес герметизації супроводжується контролем герметичності кожної упаковки за допомогою вбудованих сенсорів тиску. Далі продукція маркується індивідуальними QR-кодами, що дозволяє здійснювати повне трасування партії, контролювати дату виготовлення, термін придатності, параметри обробки. Фінішний етап - зберігання продукції у холодильних камерах з автоматизованим керуванням мікрокліматом. Камери оснащені датчиками температури (діапазон 2–6 °C), вологості (RH 75–85 %), системою повітрообміну та сигналізації відхилень. Висота штабелювання упаковок не перевищує 1,5 м для запобігання деформації, а просторове розміщення розраховується з урахуванням вільної циркуляції повітря. Застосування принципу FIFO (First-In, First-Out) забезпечується автоматизованим логістичним контролером, що обробляє інформацію про кожну одиницю продукції на основі її QR-коду. Таким чином, досягається динамічна рівновага між якісними характеристиками молока та умовами його зберігання [11, с. 7].

Горизонтальна схема технологічного процесу відображає лінійний рух продукту через усі виробничі блоки - від надходження сировини до її випуску у вигляді готового продукту. Вона забезпечує можливість планування просторової організації виробничих приміщень, оптимізації логістики між апаратами, а також дає змогу відслідковувати енергетичне та водне навантаження на систему.

2.2. Оцінка рецептурного складу, технологічних операцій і якості готового продукту

Оцінювання рецептурного складу та відповідності технологічних операцій дозволяє встановити реальні межі якісної стабільності готового продукту, розкриваючи особливості впливу кожного компонента та режиму обробки на фізико-хімічну й біологічну стабільність молочної системи. Сучасна технологія виробництва питного молока дедалі частіше базується не лише на класичному використанні базової сировини, а й на глибоко інтегрованих рецептурах, збагачених вітамінно-мінеральними комплексами, стабілізаторами білкової фази, пребіотичними інгредієнтами та ензиматичними активаторами [16, с. 5].

Таблиця 2.1

Аналіз рецептурного складу питного молока збагаченого

Найменування рецептурних компонентів	Роль компонента у формуванні структури	Вимоги до якості рецептурних компонентів
Молоко коров'яче нормалізоване	Основа, джерело білка, жиру, лактози	Вміст жиру 2,5%, білка 3,0%, кислотність до 19°Т
Вітамін D ₃ (холекальциферол)	Регулятор кальцієвого обміну	2,5 мкг/100 мл, стабільність у тепловій обробці
Кальцію глюконат	Збагачення мінерального складу	Масова частка 0,15%, чистота не менше 99%
Пребіотик інулін	Поліпшення кишкової мікрофлори	2,0 г/100 мл, розчинність 100%

При створенні таких рецептур принциповим стає не лише хімічний склад компонентів, а й їх функціональна сумісність у термічно навантажених та мікробіологічно контрольованих умовах. Сировина повинна відповідати показникам якості згідно з ДСТУ 3662:2018 - базова масова частка жиру (3,4–4,0 %), білка (2,8–3,3 %), кислотність у межах 16–19 °Т, температура приймання не вища за 6 °С, бактеріальне обсіменіння не більше 3×10^4 КУО/см³. Крім органолептичної відповідності, особлива увага приділяється стабільності білкової фракції, яка має зберігати свою дисперсну фазу навіть після термічного навантаження. Вплив залишкової кількості іонів кальцію, рН середовища та іонної сили водного розчину визначає можливість утворення флокулянтних систем або денатурації білків. Тому компоненти рецептури проходять

внутрішньолабораторне тестування на термостійкість (за показником коагуляційного потенціалу при 140 °С), що дозволяє підібрати оптимальні концентрації стабілізаторів - наприклад, солей Na_2HPO_4 , цитрату натрію чи каррагінанів у межах 0,05–0,15 % [17, с. 41].

При оцінюванні технологічних операцій враховується не лише енерговитратність кожного процесу, а й його вплив на якісні характеристики готової продукції. Гомогенізація, як критичний етап стабілізації жирової фази, оцінюється за ступенем подрібнення жирових глобул - середній розмір не повинен перевищувати 2 мкм. Це підтверджується мікроскопічним аналізом із використанням фазово-контрастної оптики або лазерної дифракції. Оптимальний режим гомогенізації - 15 МПа при 65 °С - забезпечує одночасно руйнування агрегованих ліпідних фракцій і запобігання надмірному підвищенню температури, яке може ініціювати денатурацію білків. На етапі термообробки контролюється температура входу та виходу, час витримки, а також індекс втрати біоактивних речовин - у випадку УВТ цей показник не перевищує 10 % для вітамінів групи В. Фасування в асептичному режимі оцінюється за мікробіологічним обсіменінням внутрішньої поверхні пакування (контроль стерильності), рівнем герметичності (метод бароконтролю) та рівномірністю дозування. Вивчається відповідність розподілу маси одиниці продукту середньостатистичному значенню з допустимою похибкою $\pm 1,2$ %, що забезпечується ваговими модулями з автоматичним зворотним зв'язком.

Таблиця 2.1

Аналіз технологічної схеми виробництва питного молока

Найменування етапу	Найменування операції	Режими, параметри	Фізико-хімічні зміни
Приймання сировини	Контроль температури, рН	4 ± 2 °С, рН 6,6–6,8	Встановлення свіжості, базових властивостей
Сепарація	Очищення молока	45–55 °С, 5000 об/хв	Видалення домішок, зменшення бакобсіменіння
Нормалізація	Додавання вершків або знежиреного молока	Встановлення жирності 2,5%	Балансування складу

Гомогенізація	Гідродинамічне подрібнення	Тиск 15 МПа, t 65 °С	Стабілізація емульсії
Пастеризація/УВТ	Теплова обробка	76 °С 20 с / 137 °С 4 с	Інактивація патогенної мікрофлори
Охолодження	Зниження температури	4 °С	Пригнічення розвитку бактерій
Фасування	Дозування, герметизація	Асептичні умови	Запобігання повторному обміненню
Зберігання	Холодильна камера	2–6 °С, RH 80–85%	Збереження органолептики, подовження терміну придатності

Фінальна якість готового продукту визначається сукупністю органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних і харчових показників. Колір повинен бути однорідним, без осаду, з легким кремовим відтінком; смак - чистий, без домішок корму або металу; консистенція - рідка, без пластівців, стабільна після струшування. Фізико-хімічні показники вимірюються згідно з ДСТУ ISO 2446, 8968, 11870. Основні параметри включають: масову частку жиру ($2,5 \pm 0,1$ %), білка ($2,9 \pm 0,05$ %), сухих речовин (8,2–8,7 %), кислотність (17–19 °Т), щільність (1,029–1,032 г/см³), рН (6,6–6,8). Для контролю мікробіологічної стабільності застосовують стандартні методи на живильних середовищах: кількість мезофільної мікрофлори, наявність кишкової палички, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*. Продукт вважається безпечним, якщо загальна кількість мікроорганізмів не перевищує 5×10^3 КУО/см³, відсутні патогени, а дріжджі й плісняві гриби - менше 10 КУО/см³. Такий рівень досягається виключно за умови стабільного дотримання температурних режимів і жорсткого контролю гігієни в зоні фасування [10, с. 3].

Оцінювання харчової цінності передбачає розрахунок енергетичної щільності (згідно з ГОСТ 32125), вмісту основних нутрієнтів і їх біодоступності. У стандартному зразку молока (2,5 % жирності) енергетична цінність становить 63 ккал/100 мл, що формується переважно за рахунок вуглеводів (лактози) - 4,7 г, білків - 3,0 г і жирів - 2,5 г. Крім того, продукт є джерелом кальцію (110–130 мг/100 мл), фосфору (90–95 мг), калію (150 мг), магнію (12 мг) і мікроелементів - цинку, йоду, селену. Біологічна цінність молока оцінюється за ступенем

засвоюваності білків (понад 92 %), балансом незамінних амінокислот (лейцин, лізин, треонін), а також вмістом жиророзчинних вітамінів - А (30 мкг/100 мл), D₃ (0,5–0,8 мкг/100 мл), Е (0,3 мг/100 мл). Особливо цінним є поєднання білкової і ліпідної фракцій, що забезпечує транспорт вітамінів і сприяє повному засвоєнню кальцію, що підтверджується *in vitro* аналізами на клітинних лініях. Комплексна оцінка показників дозволяє сформувати загальний профіль якості, який є основою для прогнозування терміну зберігання продукту в умовах змін температурного середовища, а також адаптації рецептури під потреби спеціалізованого харчування - дитячого, клінічного або функціонального.

Таблиця 2.3

Якісна характеристика готового продукту - питного молока

Показник	Нормативне значення
Колір	Білий, однорідний
Смак і запах	Чистий, характерний для молока
Масова частка жиру	2,5 ± 0,1 %
Кислотність	До 20 °Т
Мікробне число	≤ 5×10 ⁴ КУО/см ³
Salmonella, Listeria	Не виявлені
Кількість білка	2,8–3,0 г/100 мл
Кальцій	120–130 мг/100 мл
Калорійність	60–64 ккал/100 мл

Режими зберігання є інтегральною частиною системи забезпечення стабільності продукту. Для пастеризованого молока термін зберігання обмежується 5–7 добами при температурі 4 ± 2 °С, у той час як УВТ-продукт, за умови асептичного фасування, зберігається до 180 діб при температурі до 25 °С без втрати якості. Оцінювання зберігання здійснюється за допомогою прискорених тестів старіння: інкубація зразків при 37 °С з подальшим контролем органолептичних змін, коагуляції білків, утворення газу, зміни кислотності та мікрофлори [12, с. 4].

Висновки до розділу 2

У результаті моделювання технологічної системи виробництва та зберігання питного молока із фокусом на подовження терміну придатності було

сформовано структуровану систему обробки, яка охоплює повний цикл - від приймання сировини до зберігання готової продукції. Застосування УВТ-обробки при 137–140 °С у поєднанні з асептичним фасуванням у багатошарову упаковку дозволяє забезпечити мікробіологічну стабільність і термін зберігання до 180 діб без холодильного режиму. Ієрархічне і принципове моделювання технологічного процесу дало змогу деталізувати функціональні блоки системи, визначити оптимальні режими кожної операції, а також інтегрувати систему контролю критичних точок на рівні SCADA-платформи. Оцінювання рецептурного складу виявило, що використання стабілізаторів білкової фази та вітамінно-мінеральних комплексів не лише зберігає харчову та біологічну цінність продукту, а й підвищує термостійкість білків до коагуляції. Аналіз показників якості - органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних - підтвердив відповідність готового молока вимогам ДСТУ. Режими зберігання, доповнені QR-маркуванням із температурними індикаторами, забезпечують простежуваність та прогнозовану стабільність продукту у логістичному ланцюгу.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження було виявлено, що сучасні технології зберігання питного молока в Україні значною мірою залишаються на етапі використання традиційних підходів, які орієнтовані переважно на пастеризацію та холодове зберігання. Аналіз статистичних показників за останні роки засвідчив нестабільну динаміку терміну придатності пастеризованих продуктів на рівні 5–7 діб, що прямо залежить від ступеня мікробіологічного навантаження початкової сировини, жорсткості дотримання температурних режимів на логістичних етапах та наявності автоматизованих систем контролю. При цьому середня тривалість зберігання молока в роздрібній торгівлі на момент реалізації становить лише 3 доби, що свідчить про необхідність перегляду усталених виробничо-логістичних практик. Дані моніторингу якості молока в регіонах України демонструють нерівномірний рівень бактеріального обсіменіння сировини - від 10^3 КУО/см³ у фермерських господарствах із замкненим циклом до понад 10^5 КУО/см³ на відкритих пунктах збору. Це визначає гостру потребу в підвищенні гігієнічного рівня збору та зберігання сировини, що є фундаментальною передумовою подовження строку зберігання готової продукції.

Проектна частина роботи довела, що ефективне подовження терміну зберігання питного молока можливе лише за умови інтеграції на виробничому рівні інноваційних рішень, які охоплюють не окремі операції, а всю систему у її цілісності. Побудована горизонтальна модель виробничого циклу забезпечила деталізацію основних етапів: від приймання сировини до умов зберігання. Ієрархічна декомпозиція технологічної системи дозволила виокремити функціональні модулі, пов'язані з обробкою, термічною стабілізацією, фасуванням та контролем якості. Це дозволило сформуванню принципову апаратурно-технологічну схему, орієнтовану на безперервність процесів та їх цифровий моніторинг. Було визначено, що використання УВТ-обробки за температури 137–140 °С із витримкою 4 с у комбінації з асептичним фасуванням

у пакування типу Tetra Brik Aseptic дозволяє збільшити строк зберігання до 120–180 діб без зниження біологічної цінності продукту. Встановлено, що рецептурне збагачення молока вітаміном D₃, кальцієм, пребіотичними компонентами потребує стабілізації білкової фази із використанням фосфатів та цитратів у межах 0,1–0,15 %. Це запобігає термокоагуляції під час високотемпературної обробки.

Оцінка якості готової продукції показала відповідність нормативним вимогам: масова частка жиру 2,5 %, білка 2,9 %, кислотність до 19 °Т, відсутність патогенів, калорійність у межах 63 ккал/100 мл, високий ступінь засвоюваності білка. Показники стабільності зберігання підтверджено за допомогою прискорених тестів старіння та прогновної моделі деградації. Таким чином, дослідження підтвердило, що технологічне моделювання в поєднанні з точним рецептурним аналізом дозволяє реалізувати ефективну систему подовженого зберігання питного молока з повним контролем безпеки, біологічної повноцінності та технологічної керованості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берник І. М. Новгородська Н. В. Соломон А. М. Овсієнко С. М. Бондар М. М. *Інноваційні технології харчових виробництв. Монографія*. Вінниця. 2022. 300 с.
2. Величко А. Є. Кухарук Р. М. Маслова І. В. Рухлякова М. В. Стан та перспективи розвитку ринку молока та молочних продуктів України. *Агросвіт*. 2021. № 16. С. 62–68.
3. Гібкін К. Р. Перспективи використання безлактозних молочних продуктів для виробництва ресторанної продукції. *Актуальні питання харчової промисловості та перспективи розвитку галузі. Матеріали II Всеукраїнської студентської інтернет-конференції*. Херсон. 2021. С. 10–11.
4. Гніцевич В. А. Юдіна Т. І. Гончар Ю. М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та пюре гарбуза. *Товари і ринки. Міжнародний науково-практичний журнал*. 2018. № 4. С. 105–117. URL: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)10](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)10) (дата звернення: 28.03.2025).
5. 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: 28.03.2025).
6. 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: 28.03.2025).
7. Зубар Н. М. *Теоретичні основи харчових виробництв. Підручник*. Київ. 2020. 304 с.
8. Павлоцька Л. Ф. Дуденко Н. В. Димитрієвич Л. Р. *Основи фізіології гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів. Навчальний посібник*. Київ. 2019. 441 с.

9. 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: 28.03.2025).

10. Положення про курсову роботу у ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж ДТЕУ». URL: https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/04/Курсові_роботи_ХТЕФК_ДТЕУ.pdf (дата звернення: 28.03.2025).

11. Теличкун В. І. Гавва О. М. Теличкун Ю. С. Губеня О. О. *Технологічні комплекси харчових виробництв. Навчальний посібник*. Київ. 2017. 456 с.

12. *Lactose Intolerance Dairy Avoidance and Treatment Options*. National Library of Medicine. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6316316> (дата звернення: 28.03.2025).

13. Corgneau M. et al. Recent advances on lactose intolerance. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 57. № 15. P. 3344–3356.

14. Delacour H. et al. Diagnosis of genetic high resolution melting analysis. *Ann Biol Clin*. 2017. № 75(1). P. 67–74.

15. Health benefits and risks of consuming milk. *Medical News Today*. URL: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/296564> (дата звернення: 28.03.2025).

16. *Lactose Free Dairy Products Market. Global Industry Analysis (2012–2016) and Opportunity Assessment (2017–2027)*. Future Market Insights. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/lactose-free-dairy-products-market> (дата звернення: 28.03.2025).

17. Varchenko O. M. et al. Risks of dairy farming in Ukraine and ways of their minimization and neutralization. *Agricultural Science and Practice*. 2019. Vol. 6. Is. 1. P. 41–59.