



Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2021-4

Вібрації в техніці та технологіях



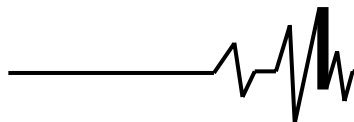
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 4 (103)

Вінниця 2021

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального
спрямування Видавець: Вінницький національний
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації*

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та
технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця,
2021. – 4 (103) – 120 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного
університету (протокол № 6 від 24.12.2021 р.)*

*Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки
України від 02.07.2020 р. № 886)*

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН України, Вінницький
національний аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний науковий
центр “Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства”

Відповідальний секретар

Солона О.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний університет
біоресурсів і природокористування України

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Деревенько І. А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

Зіньковський А.П. – д.т.н., професор,
Інститут проблем міцності імені Г. С.
Писаренка НАН України

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Матвєєв В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор,
Вінницький національний аграрний
університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Цуркан О.В. – д.т.н. доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

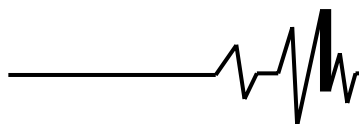
Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/>

Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

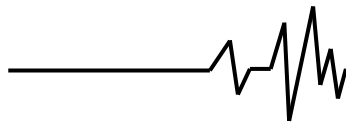
<i>Цуркан О.В.</i> АНАЛІЗ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СУШІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА.....	5
<i>Булгаков В. М., Адамчук В.В., Кувачов В.П., Солоня О. В.</i> ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ ШИРОКОКОЛІЙНИХ (ПОРТАЛЬНИХ) ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	15
<i>Коц І. В, Куриленко Ю. П.</i> РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЛИБИННИХ ВІБРАТОРІВ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ	26
<i>Савєлов Д. В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВІБРАЦІЙНА ПЛИТА - ПОЛІМЕРНИЙ БЕТОН» ПІД ЧАС ПОВЕРХНЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ	33
<i>Мельник В. М., Косова В. П., Жуковська К. В.</i> АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМ СТАНОМ РОБОЧОЇ РІДИНИ В БІОРЕАКТОРІ НА РЕЗОНАНСНОМУ РІВНІ.....	41
<i>Бабин І. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ІМПУЛЬСНОЇ ВІБРАЦІЇ ПЕРІОДИЧНО ПРАЦЮЮЧОГО ІНЖЕКТОРА СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ ДОІЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	47
<i>Омельянов О.М.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄМНОЇ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ СИПКОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	61

2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

<i>Сивак Р.І., Залізняк Р.О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ МЕТАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗМІННИХ ЕЙЛЕРА І ЛАГРАНЖА.....	68
<i>Дудчак В.М., Пришляк В.М.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАПОВНЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ СТРУКТУР РОБОЧИХ ОРГАНІВ БУНКЕРНОГО ТИПУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН МАТЕРІАЛАМИ СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ.....	77

3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА

<i>Яремчук О. С., Новгородська Н. В.</i> ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ У ВИРОБНИЦТВІ ФЕРМЕНТОВАНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ.....	90
<i>Берник І. М.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ПРИ ОБРОБЦІ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ.....	99
<i>Спірін А.В., Цуркан О.В., Твердохліб І.В., Омельянов О.М.</i> ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ ТРАВ.....	110

**Яремчук О.С.**

д. с.-г. н., професор

Новгородська Н.В.

к. с.-г. н., доцент

**Вінницький національний
аграрний університет****Yaremchuk O.**Doctor of Agricultural Sciences,
Professor**Novgorodska N.**

Ph.D., Associate Professor

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 637.146.2:664.8.039.4****DOI: 10.37128/2306-8744-2021-4-10****ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ
У ВИРОБНИЦТВІ
ФЕРМЕНТОВАНИХ
КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

Ферментовані молочні продукти є одним з найважливіших джерел незамінних амінокислот, вітамінів, мікроелементів та інших біологічно активних речовин, що підтримують активність імунної системи людини та знижують вплив шкідливих факторів навколишнього середовища, тому рекомендується їх щоденна присутність у раціоні харчування особам різного віку.

У виробництві таких молочних продуктів найдовшою стадією є процес ферментації, який вимагає використання значних обсягів виробничих площ, а також високих енерговитрат на підтримку температурного режиму.

Тому скорочення тривалості ферментаційного процесу без негативного впливу на споживчі властивості продукції є пріоритетним напрямком досліджень.

Окрім того, актуальною є розробка різних видів молочної продукції, яка нативно збагачена функціональними речовинами і не вимагає застосування спеціальних добавок, що переводить її в сегмент натуральних та екологічних продуктів, а також знижує собівартість і збільшує доступність деяких видів лікувальної дієти.

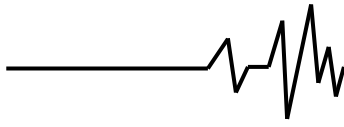
Перспективним інструментом для вирішення поставлених завдань є ультразвукова обробка суміші, що ферментується. В останні десятиліття ультразвук зарекомендував себе як потужний та економічний інструмент для зміни агрегатного стану речовини, диспергування, емульгування, зміни швидкості дифузії, кристалізації та розчинення речовин, а також активізації хімічних і біохімічних реакцій.

Завдяки цим властивостям, а також появі порівняно недорогого, ефективного та надійного ультразвукового обладнання, що дозволяє генерувати ультразвук різної частоти й інтенсивності, він набуває більш широкого застосування в різних технологічних процесах.

Контрольним показником у дослідженнях було вибрано вимір наростання активної кислотності молока в процесі сквашування молочнокислими мезофільними мікроорганізмами. Отже, доведено можливість використання ультразвукової обробки як фактора інтенсифікації процесу сквашування.

Ключові слова. Молоко, кисломолочний напій, кефір, ультразвукова обробка

Постановка проблеми. Протягом останніх років спостерігається постійна динаміка росту споживання кисломолочних продуктів. Популярність їх зумовлена приємними смаковими та лікувальними властивостями, специфічною консистенцією, різноманітністю складу, що дозволяє задовольняти вимоги широкого кола споживачів. Якість і безпечність молочної продукції залежить від якості вихідного молока -



сировини, яка визначається його санітарно-гігієнічним станом, хімічним складом і фізико-хімічними властивостями [1, 2].

У структурі споживання населення України молоко та молочні продукти становлять 41% від загального обсягу споживання всіх напоїв.

Фактичне виробництво кисломолочної продукції в Україні значно нижче необхідних обсягів споживання, що позначається на якості харчування населення України. Збільшення ж виробництва кисломолочної продукції стримується низькою рентабельністю тваринництва і тим, що більшість населення України не може купувати необхідну кількість кисломолочної продукції через високу її вартість.

Ферментовані молочні продукти є одним з найважливіших джерел незамінних амінокислот, вітамінів, мікроелементів та інших біологічно активних речовин, що підтримують активність імунної системи людини, тому рекомендується їх щоденна присутність у раціоні харчування особам різного віку. Перспективним інструментом підвищення рентабельності виробництва таких продуктів шляхом скорочення тривалості ферментаційного процесу, підвищення споживчих властивостей та збагачення продукції біологічно-активними речовинами є короткочасна низькочастотна ультразвукова обробка суміші, що ферментується.

Ферментовані молочні продукти – це складна суміш коагульованого білка та сироватки, під час зберігання якої відбувається синерезис білкового згустку. Окрім того, ці продукти містять живі клітини молочнокислих бактерій та їх ферменти. Вказані чинники зумовлюють переважно поступове зростання кислотності й протеоліз. Протікають ці процеси одночасно та взаємозалежно. При цьому змінюються й інші фізико-хімічні властивості продукту – електропровідність, в'язкість, густина згустку тощо [3, 4].

Кефір є одним із найкорисніших кисломолочних продуктів, частка якого сьогодні становить майже 2/3 продуктів на молокопереробних виробництвах.

Саме слово «кефір» має турецьке походження. З турецької мови «кеф» означає «здоров'я». Цей дивовижний кисломолочний продукт має величезний запас поживних речовин, і одночас знаходить місце поряд з дієтичними продуктами харчування. Головні поживні речовини перебувають у легкозасвоюваній формі, завдяки чому кефір особливо цінний, і підходить як для дітей раннього віку, так і людям похилого віку, а також важкохворим. Цілющі властивості кефіру широко застосовуються у народній медицині. У

кефірі накопичуються антибіотичні речовини (низин та інші, що виробляються дріжджовими грибами). Головною відмінністю кефіру є можливість надавати пробіотичний вплив на організм, тобто сприятливо впливати на склад мікробів у кишківнику. Кефір зменшує зростання патогенних мікроорганізмів, отже, він може запобігати розвитку кишкових інфекцій та допомагати при дисбактеріозі.

Ризик зниження обсягів виробництва молока, головним чином, через фактор сезонності, призводить до виникнення певних труднощів у молокопереробній галузі. Тому виробництво багатьох молочних продуктів, зокрема кисломолочних напоїв на основі відновленого молока набуває актуальності.

У кисломолочних продуктах найбільш тривалою стадією це процес ферментації, тому перспективним напрямком для вирішення завдань з метою зменшення тривалості ферментації є ультразвукова обробка.

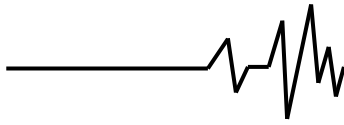
Застосування ультразвукової інтенсифікації біотехнологічних процесів у виробництві ферментованих молочних продуктів водночас із іншими методами ультразвукової обробки молочної сировини дозволить підвищити продуктивність праці, скоротити енерговитрати, покращити якість готової продукції, продовжити терміни зберігання, а також створити функціональні та інноваційні продукти із підвищеними споживчими якостями.

Аналіз останніх досліджень. В останні десятиліття ультразвук зарекомендував себе як потужний та економічний інструмент для зміни агрегатного стану речовини, диспергування, емульгування, зміни швидкості дифузії, кристалізації та розчинення речовин, а також активізації хімічних та біохімічних реакцій.

Завдяки цим властивостям, а також появі порівняно недорогого, ефективного та надійного ультразвукового обладнання, що дозволяє генерувати ультразвук різної частоти та інтенсивності, він отримує все ширше застосування у різних технологічних процесах.

Дослідження впливу ультразвуку на біотехнологічні системи харчової промисловості відображені в роботах багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених: Луговський О.Ф., Берник І.М., М. Ashokkumar, J.Chandrapala, Y. Chisti, MF. Ertugay, N. Masuzawa, T.M.P. Nguyen, M. Sakakibara, P. Sfakianakis, B. Sizu, M. Palmer, T. Toba та інших.

Нині спостерігається споживчий попит на натуральні харчові продукти високої якості, які не містять консерванти та будь-які інші хімічні добавки, завдяки чому в харчовій промисловості набирають популярності різні нехімічні методи модернізації виробничих технологій, одним з яких є ультразвукова



обробка [5, 6].

Ультразвукові коливання застосовуються в технологічних процесах для зміни агрегатного стану речовини, диспергування, емульгування, зміни швидкості дифузії, кристалізації та розчинення речовин, а також активізації хімічних і біохімічних реакцій [7, 8].

Ферментовані молочні продукти, вироблені з молока, підданого ультразвуковій гомогенізації, мають підвищену в'язкість, поліпшені реологічні властивості та текстурні характеристики [9].

Окрім того, в молочній промисловості ультразвук успішно використовується для інактивації в сирому молоці таких патогенних бактерій, як *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* і *Listeria monocytogenes* [10, 11], аж до повної стерилізації продукту [12].

Для обробки молочних продуктів кращим є застосування короточасної ультразвукової обробки, так як в результаті індукованих кавітацією реакцій піролізу й окислення ліпідної складової вільними радикалами відбувається утворення летких органічних речовин, що надають молоку гумового присмаку [13].

Нині відомі два підходи до інтенсифікації ферментативних процесів молочнокислих бактерій – попередня ультразвукова підготовка молочного середовища [14, 15] та культивування за безперервного впливу ультразвуку.

Метою роботи: розробка технології кисломолочного напою (кефір) з використанням ультразвукової обробки, що забезпечить максимальну інтенсифікацію біотехнологічних процесів.

Виклад основного матеріалу. Отримані в результаті сквашування кисломолочні продукти мають дуже насичений і багатий склад з різних мікроорганізмів, лакто- і біфідобактерій, які сприятливо впливають на організм людини в цілому.

Позитивні властивості кефіру відомі давно і є незаперечним фактом. Знаменитий фізіолог, лауреат Нобелівської премії І. І. Мечников, який був одним із головних ініціаторів виробництва кефіру, стверджував: у кишківнику людини накопичується велика кількість хвороботворних бактерій, які спричиняють прискорене старіння організму та джерело багатьох хвороб.

Перемогти ці мікроорганізми можна за допомогою кисломолочних продуктів і особливо за допомогою кефіру.

Кефір вважається одним з найбільш корисних для організму людини кисломолочних продуктів, який є джерелом білків жирів і вуглеводів. Окрім того, завдяки високому вмісту корисної мікрофлори кефір позитивно впливає на травлення та його рекомендується вживати при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Цей продукт проводиться шляхом сквашування молока з використанням спеціальної кефірної закваски.

Основною сировиною, без якої виробництво кефіру не буде можливим, є молоко, причому для його виробництва переважно використовується коров'яче молоко.

Однак останнім часом все більше поширене виробництво кефірного продукту (кефіру), під час вироблення якого використовуються закваски прямого внесення (сухі або глибокозаморожені). Кефірний продукт за смаковими характеристиками нічим не відрізняється від натурального кефіру, проте його виробництво вимагає значно менше трудових та економічних витрат.

Ефект ультразвукової обробки частотою 30 ± 1 кГц, що відповідає режимам роботи промислових гомогенізаторів, на активність мезофільних культур закваски прямого внесення також визначався за результатами вимірювань низки показників ферментованих зразків, отриманих у результаті чотирьох паралельних культивувань.

Як експериментальна культура використовувалася ліофілізована мезофільна закваска прямого внесення італійського виробника Good Food.

Бактеріальний склад закваски: *Leuconostoc Cremoris*, *Lactococcus Cremoris*, *Lactococcus Lactis*, *Lactococcus Diacetylactis*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Lactobacillus Bulgaricus*, *Lactobacillus Acidophilus*, *Bifidobacterium Bifidum*.

Бактерії культивувалися за постійної температури $32 \pm 2^\circ\text{C}$. Обробка зразків молока, що заквашується, ультразвуком проводилася перед культивуванням і через 2 години після початку культивування за допомогою ультразвукової установки з п'єзокерамічним перетворювачем на частоті 30 ± 1 кГц. Тривалість обробки різних зразків становила від 60 до 180 секунд, загальна потужність обробки варіювалася від 80 до 320 Вт/дм³.

Для досліджень використовували ультразвук ванну (рис. 1).

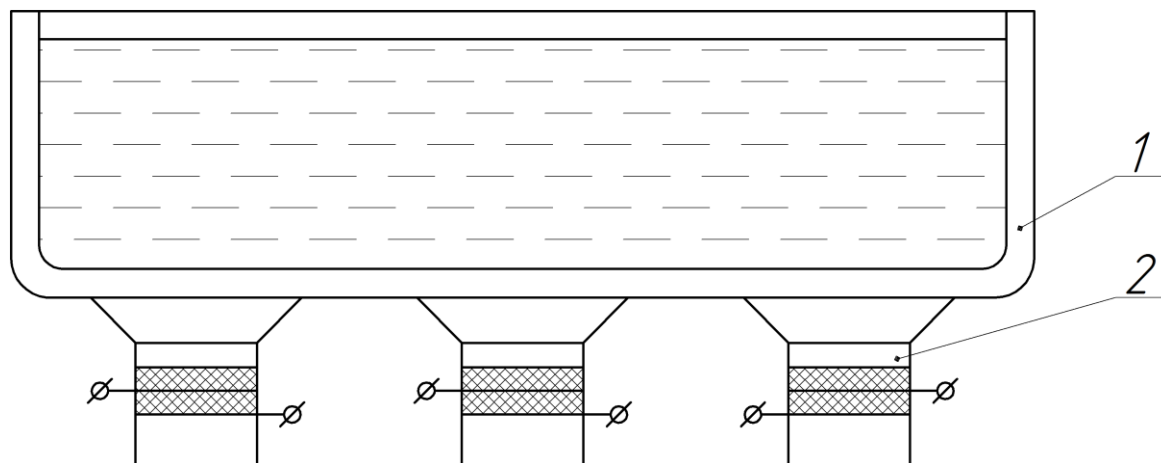
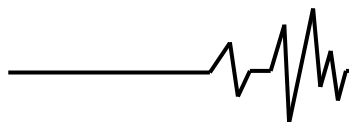


Рис. 1. Схема ультразвукової ванни
1 – робоча камера; 2 – ультразвуковий випромінювач

Установка складається з ємності прямокутної форми на донній частині якої розміщені ультразвукові випромінювачі.

Технічна характеристика

Потужність, що споживається від мережі, Вт до	50
Напруга живлення, В	220 ± 22
Частота мережі, Гц	50
Робоча частота апарата, кГц	18 ± 1,2
Принцип перетворення електричних коливань	зворотній п'єзоефект
П'єзокерамічний матеріал	ЦТС
Кількість п'єзоелементів, шт.	3
Геометрична форма перетворювачів	кільця

Робочу камеру заповнювали досліджуваною рідиною та проводили обробку

відповідно до розробленої програми експерименту.

Протягом культивування проводився моніторинг титрованої кислотності зразків. Закінчення культивування визначалося за формуванням стійкого згустку в контрольному зразку.

Активність закваски прямого внесення виявилася вищою, ніж у сублімованої культури; загальна тривалість кожного культивування до готовності згустку становила 6 годин.

Титрована кислотність зразків вимірювалася після ультразвукової обробки на початку культивування та згодом через дві години, потім вимірювання проводилися щогодини аж до готовності згустку.

Значення титрованої кислотності в зразках після закінчення культивування показані в таблиці 1.

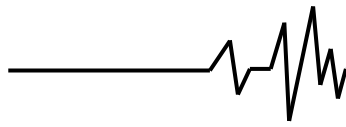
Таблиця 1

Титрована кислотність зразків ферментованого молока після закінчення ферментації мезофільною закваскою прямого внесення за різних режимів ультразвукової обробки

Потужність обробки, Вт/дм ³	Титрована кислотність, °Т		
	Тривалість обробки, с		
	60	120	180
80	69±1	70±2	70±2
120	70±1	72±2	72±2
160	71±2	73±1	72±2
200	72±2	72±2	74±2
240	73±1	71±2	72±2
280	71±2	71±3	71±1
320	72±1	73±3	70±3
Контроль	68±2		

Найбільш швидке наростання використання режиму обробки 240 Вт/дм³ кислотності, що титрується, спостерігається за протягом 60 секунд.

Динаміка наростання титрованої



кислотності в зразках ферментованого молока протягом 6 годин культивування показана на рисунках 2-4.



Рис. 2. Динаміка наростання титрованої кислотності в зразках молока в процесі ферментації мезофільною закваскою прямого внесення за тривалості ультразвукової обробки 60 секунд і різної потужності

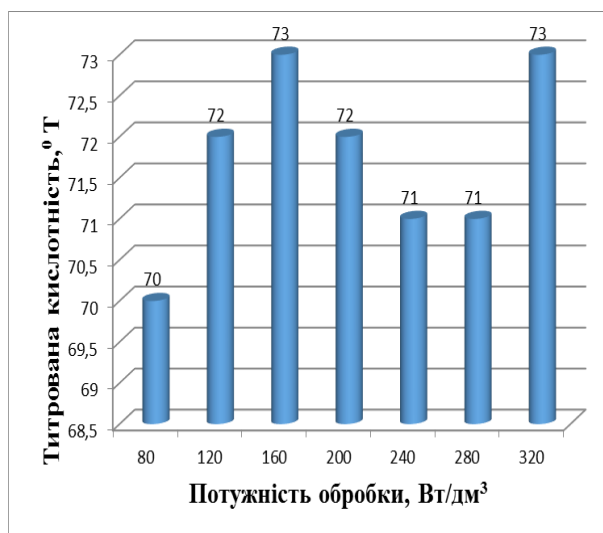


Рис. 3. Динаміка наростання титрованої кислотності в зразках молока в процесі ферментації мезофільною закваскою прямого внесення за тривалості ультразвукової обробки 120 секунд і різної потужності



Рис. 4. Динаміка наростання титрованої кислотності в зразках молока в процесі ферментації мезофільною закваскою прямого внесення за тривалості ультразвукової обробки 180 секунд і різної потужності

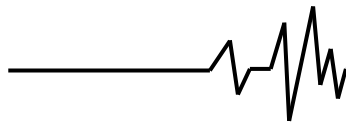
Технологічний процес виробництва натурального кефіру в такий спосіб включає такі процеси: підготовка молока, яка має на увазі його пастеризацію та гомогенізацію. На даних етапах дуже важливо дотримання всіх технологічних вимог, так як від їхньої правильності залежить якість і показники вже готового товару. Йдеться як про забезпечення певних смакових якостей кефіру, і про недопущення вмісту в ньому патогенних форм мікрофлори. Після пастеризації та гомогенізації, що здійснюються за високих температур, здійснюється охолодження продукту. Оптимальною температурою для сквашування вважається 20-25 °С.

Для виробництва кефіру використовуємо закваску прямого внесення. Сквашування за класичною технологією відбувається протягом 12 годин за температури до досягнення необхідної кислотності (90-100 °Т). На цьому етапі відбувається зростання мікрофлори, а також збільшення кислотності продукту.

Використання ультразвуку дає можливість прискорювати обмін між клітинами та живильним середовищем, зменшувати тривалість ферментного гідролізу та підтримувати активність деяких ферментів, що дозволяє стимулювати зростання мікроорганізмів та збільшити швидкість біосинтезу біологічно активних речовин, накопичення біомаси, а також прискорити адаптацію клітин до нових умов і, відповідно, прискорити ефективність ферментаційних процесів.

Технологія виробництва кефіру резервуарним способом проводилась за схемою (рис. 5).

Після сквашування кефір перемішують і охолоджують до температури дозрівання.



Перемішування продукту починають через 60-90 хв. після початку часу його охолодження і проводять протягом 10-30 хвилин.

Перемішаний і охолоджений до температури 20 °С згусток залишають у спокої.

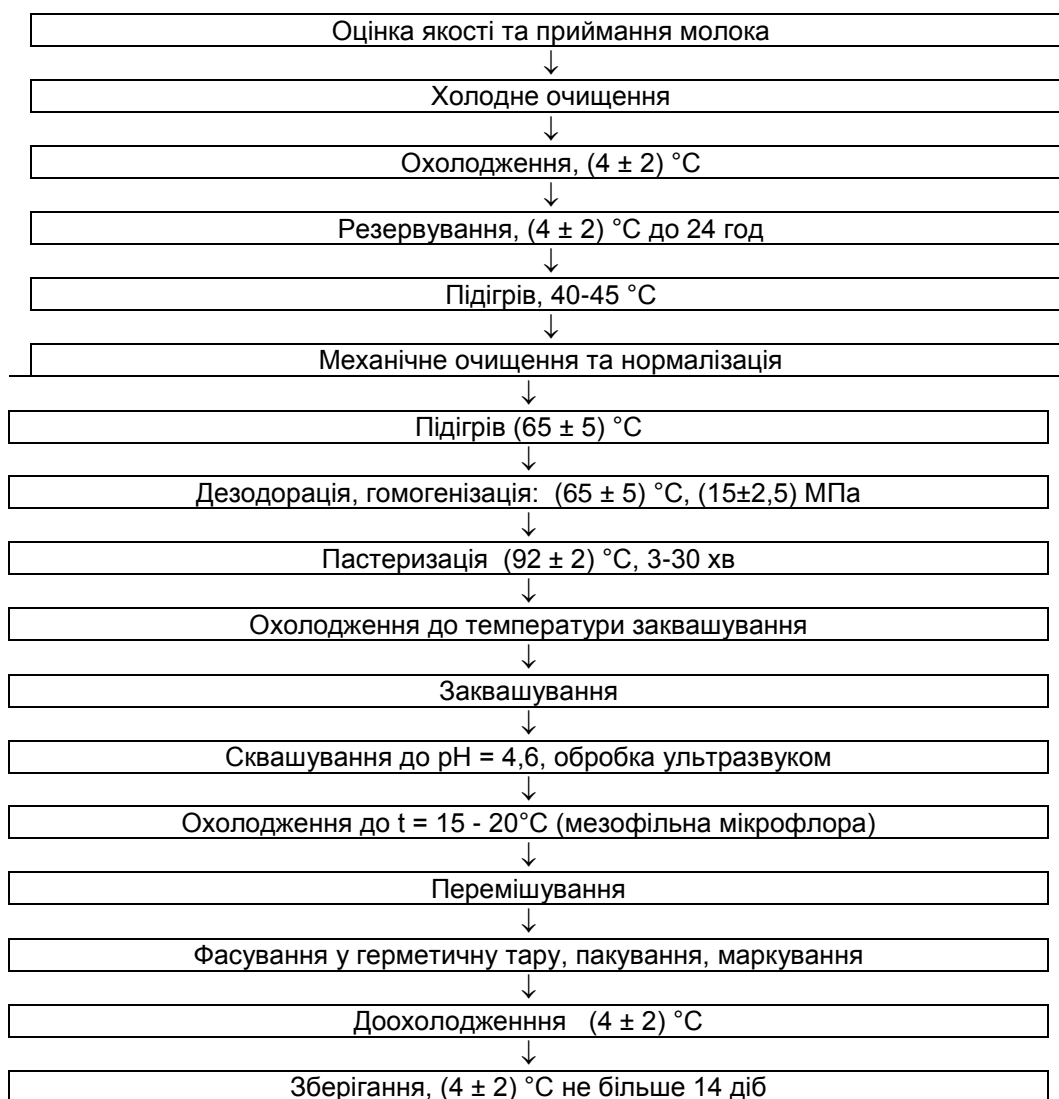


Рис. 5. Технологічна схема виробництва кефіру з ультразвуковою обробкою закваски

Тривалість дозрівання кефіру складає 6-10 год. Під час дозрівання активізуються дріжджі, відбувається спиртове бродіння, у результаті чого в продукті утворюються спирт, діоксид вуглецю й інші речовини, які надають цьому продукту специфічні властивості.

Після закінчення часу дозрівання, перед початком розливу кефір в резервуарі перемішують 2-10 хв.

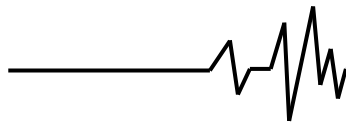
Пакування та маркування проводять відповідно до вимог стандарту на цей продукт. З метою поліпшення консистенції готового продукту, упакований кефір рекомендується витримувати в холодильній камері перед реалізацією.

За досягнення кефіром необхідного показника умовної в'язкості та температури 6°C

технологічний процес вважається закінченим і продукт готовий до реалізації.

Висновки. Нині спостерігається споживчий попит на натуральні харчові продукти високої якості, які не містять консерванти та будь-які інші хімічні добавки, завдяки чому в харчовій промисловості набирають популярності різні нехімічні методи модернізації виробничих технологій, одним з яких є ультразвукова обробка.

У ході проведення експериментів було виявлено, що обробка ультразвуковими хвилями частотою 30 ± 1 кГц, тривалість обробки 60с потужністю 240Вт/ дозволяє домогтися найвищих показників ферментації мезофільною закваскою прямого внесення.

**Список використаних джерел**

1. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання : монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2019. 155 с.

2. Власенко В.В., Новгородська Н.В., Сломон А.М.. Використання пробіотичних продуктів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Біла-Церква*. 2012. В. 7 (90). С. 99-101.

3. Fermented milks ; [ed. Adhane Tamime]. Singapore : Willey-Blackwell, 2006. 280 p.

4. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов. М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. 344 с.

5. Ashokkumar, M. , Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M. & Zisu, B. The ultrasonic processing of dairy products – an overview. *Dairy Sci. & Technol.* 2010. № 90, p. 147-168.

6. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing. *Crit. Rev. in Food Sci. & Nutr.* 2011. № 51(8). p. 705-722.

7. Берник І. М. Інтенсифікація технологічних процесів обробки харчових середовищ. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2013, №3 (71). С. 109–115.

8. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing. *Crit. Rev. in Food Sci. & Nutr.* 2011. № 51(8), p. 705-722.

9. Srbely T.Z. The biophysical effects of ultrasound: a review of the current literature. - URL: http://www.mendmeshop.com/_img/10000082.pdf. (дата обращения: 07.05.2015).

10. Gera, N. & Doores, S. Kinetics and mechanism of bacterial inactivation by ultrasound waves and sonoprotective effect of milk components. *Journal of Food Sci.* 2011. № 76(2), p. 111-119.

11. Берник І. М. Інноваційний підхід до одержання високоякісного молока-сировини. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019, №3(106). С. 46–55.

12. Kwiatkowska, B., Bennett, J., Akunna, J., Walker, G.M. & Bremner, D.H. Stimulation of bioprocesses by ultrasound. *Biotechnol. Adv.* 2011. № 29, p. 768-780.

13. Rokhina, E.V., Lens, P., Virkutyte, J. Low-frequency ultrasound in biotechnology: state of the art. *Trends in Biotechnology*, 2009. № 27, p. 298-306.

14. Попова Н.В. Инновации в технологии восстановления сухого молока как фактор управления качеством восстановленных

продуктов переработки молока. *Экономика и менеджмент*. 2013. № 4, том 7. С. 181-186.

15. Попова Н.В., Потороко И.Ю. Инновационные технологии формирования качества восстановленных продуктов переработки молока. *Экономика и менеджмент*. 2014. № 2, том 2. С. 16-26.

References

1. Solomon A.M., Novhorodska N.V., Bondar M.M., 2019. Kyslomolochni deserty z podovzhenym terminom zberihannia : monohrafiia [Sour milk desserts with extended shelf life: a monograph]. Vinnytsia: RVV VNAU [Vinnytsia: RVV VNAU]. 155 s. [in Ukrainian]

2. Vlasenko V.V., Novhorodska N.V., Slomon A.M., 2012. Vykorystannia probiotychnykh produktiv [The use of probiotic products]. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnytstva. Bila-Tserkva [Technology of production and processing of livestock products. White Church.]. V. 7 (90). S. 99-101. [in Ukrainian]

3. Fermented milks ; [ed. Adhane Tamime]. Singapore : Willey-Blackwell, 2006. 280 p.

4. Gorbatova K. K., 1984. Biohimiya moloka i molochnyh produktov [Biochemistry of milk and dairy products]. M. : Legkaya i pishchevaya prom-st' [M.: Light and food industry], 1984. 344 s. [in Russian]

5. Ashokkumar, M. , Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M. & Zisu, B. The ultrasonic processing of dairy products – an overview. *Dairy Sci. & Technol.* 2010. № 90, p. 147-168.

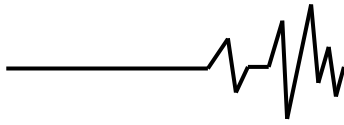
6. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing. *Crit. Rev. in Food Sci. & Nutr.* 2011. № 51(8). p. 705-722.

7. Berynk І. М. Intensyfikatsiia tekhnolohichnykh protsesiv obrobky kharchovykh seredovyshch [Intensification of technological processes of food environment processing]. Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh [Vibrations in engineering and technology]. 2013, №3 (71). S. 109–115. [in Ukrainian]

8. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing. *Crit. Rev. in Food Sci. & Nutr.* 2011. № 51(8), p. 705-722.

9. Srbely T.Z. The biophysical effects of ultrasound: a review of the current literature. - URL: http://www.mendmeshop.com/_img/10000082.pdf. (дата обращения: 07.05.2015).

10. Gera, N. & Doores, S. Kinetics and mechanism of bacterial inactivation by ultrasound waves and sonoprotective effect of milk components. *Journal of Food Sci.*



2011. № 76(2), p. 111-119.

11. Bernyk I. M. Innovatsiyni pidkhid do oderzhannia vysokoakisnoho moloka-syrovyny [Innovative approach to obtaining high quality raw milk.]. Tekhnika, enerhetyka, transport APK [Vibrations in engineering and technology]. 2019, №3(106). S. 46–55. [in Ukrainian]

12. Kwiatkowska, B., Bennett, J., Akunna, J., Walker, G.M. & Bremner, D.H. Stimulation of bioprocesses by ultrasound. *Biotechnol. Adv.* 2011. № 29, p. 768-780.

13. Rokhina, E.V., Lens, P., Virkutyte, J. Low-frequency ultrasound in biotechnology: state of the art. *Trends in Biotechnology*, 2009. № 27, p. 298-306.

14. Popova N.V., 2013. Innovacii v tekhnologii vosstanovleniya suhogo moloka kak faktor upravleniya kachestvom vosstanovlennykh produktov pererabotki moloka [Innovations in milk powder recovery technology as a factor in quality management of reconstituted milk processing products]. *Ekonomika i menedzhment* [Economics and Management]. № 4, tom 7. S. 181-186. [in Russian]

15. Popova N.V., Potoroko I.YU., 2014. Innovacionnye tekhnologii formirovaniya kachestva vosstanovlennykh produktov pererabotki moloka [Innovative technologies for the formation of the quality of reconstituted milk processing products]. *Ekonomika i menedzhment* [Economics and Management]. № 2, tom 2. S. 16-26. [in Russian]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРМЕНТОВАННЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Молочные продукты, которые подвергаются ферментации в своем составе имеют все незаменимые аминокислоты, витамины, микроэлементы и другие биологически активные вещества, что влияют на активность иммунной системы человека, снижают влияние вредных внешних факторов окружающей среды, поэтому рекомендуется ежедневное использование в рационе питания лицам всех возрастов.

Давно известно, что в производстве кисломолочных продуктов самой длинной стадией в производства является процесс ферментации.

Сегодня очень актуальна разработка различных видов молочной продукции, в том числе кисломолочной обогащенной функциональными биологически активными веществами и не требует применения специальных добавок, что переводит ее в сегмент натуральных и экологических продуктов, а также снижает себестоимость

и увеличивает доступность некоторых видов лечебной диеты.

Инновационным течением решения проблем в молочной отрасли в ускорении процесса сквашивания может быть использование обработки ферментируемой смеси ультразвуком.

Основная идея реализации эффектов, наблюдаемых при ультразвуковом воздействии в пищевой промышленности, заключается в том, что эффекты кавитации вызывают изменения функционально-технологических свойств жидких пищевых систем, в том числе и во время ферментации, что способствует достижению определенного технологического эффекта.

Мировой опыт подтверждает перспективность использования УЗ в пищевых технологиях, на разных этапах производства продуктов.

Контрольным показателем в исследованиях было выбрано измерение нарастания активной кислотности молока в процессе сквашивания мезофильными молочнокислыми микроорганизмами. Таким образом, доказана возможность использования ультразвуковой обработки как фактора интенсификации процесса сквашивания.

Ключевые слова. Молоко, кисломолочный напиток, кефир, ультразвуковая обработка

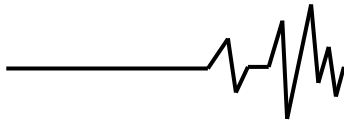
THE ULTRASOUND APPLICATION IN THE PRODUCTION OF FERMENTED MILK PRODUCTS

Fermented dairy products are one of the most important sources of essential amino acids, vitamins, trace elements and other biologically active substances that support the activity of the human immune system and reduce the impact of harmful environmental factors, so their daily presence in the diet is recommended.

The longest stage in the production of such dairy products is the fermentation process. This process requires the use of large volumes of production areas, and high energy consumption to maintain the temperature, so reducing the duration of the fermentation process without adversely affecting the consumer properties of products is a priority.

The development of various types of dairy products is also relevant, which is natively enriched with functional substances and does not require special additives, which translates it into the segment of natural and organic products, as well as reduces costs and increases the availability of certain medical diets.

The ultrasonic treatment of the fermented



mixture is a promising tool for solving the tasks. In recent decades, ultrasound has proven to be a powerful and economical tool for changing the physical state of matter, dispersing, emulsifying, changing the rate of diffusion, crystallization and dissolution of substances, and activation of chemical and biochemical reactions.

It is becoming more widely used in various technological processes due to these properties, as well as the emergence of relatively inexpensive, efficient and reliable ultrasonic equipment that

allows you to generate ultrasound of different frequency and intensity.

The control indicator in the research was to measure the increase in the active acidity of milk during fermentation by lactic acid mesophilic microorganisms. Thus, the possibility of using ultrasonic treatment as a factor in intensifying the fermentation process is proved.

Keywords: *milk, sour milk, drink, ultrasonic treatment.*

Відомості про авторів

Яремчук Олександр Степанович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи Вінницького національного аграрного університету, проспект Юності 8, Вінниця, Україна; email:

Новгородська Надія Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету, проспект Юності 8, Вінниця, Україна; email: super-nadia1971n@ukr.net

Яремчук Александр Степанович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ветеринарной гигиены, санитарии и экспертизы Винницкого национального аграрного университета, проспект Юности 8, Винница, Украина; email:

Новгородская Надежда Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры пищевых технологий и микробиологии Винницкого национального аграрного университета, проспект Юности 8, Винница, Украина; email: super-nadia1971n@ukr.net

Yaremchuk Oleksandr Stepanovych, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise of Vinnytsia National Agrarian University, 8 Yunosti Avenue, Vinnytsia, Ukraine; email:

Novgorodska Nadiia Volodymyrivna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technologies and Microbiology, Vinnytsia National Agrarian University, 8 Yunosti Avenue, Vinnytsia, Ukraine; email: super-nadia1971n@ukr.net

...