

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет медико - фармацевтичних технологій
Кафедра біотехнології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА
ЙОГУРТУ З ПРОБІОТИКАМИ »

Виконав : здобувачка вищої освіти групи БТ621(3,10д)-02
спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія
освітньої програми Біотехнологія

Вероніка СЕМЄШИНА

Керівник: Асистент кафедри біотехнології, доктор філософії
Аліна СОЛОВЙОВА

Рецензент: Доцент закладу вищої освіти кафедри біотехнології,
біофізики та аналітичної хімії Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н., доц.
Наталія МАСАЛІТІНА

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена технічному переоснащенню виробництва пробіотичного класичного йогурту 3,2 % на вітчизняному підприємстві ТМ «LAGO». В роботі описано технологічний процес виробництва пробіотичного йогурту з додаванням ліофілізованих заквасок молочнокислих бактерій: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та *Bifidobacterium bifidum*, для покращення функціональних властивостей продукту для користі споживачів. Внесено пропозицію технічного переоснащення з використання пастеризаційно-охолоджувальної установки.

Ключові слова: йогурт, пробіотики, функціональні молочні продукти, технічне переоснащення, біотехнології.

ANNOTATION

The qualification work is devoted to the technical re-equipment of the production of probiotic classic yogurt 3.2% at the domestic enterprise TM "LAGO". The paper describes the technological process of production of probiotic yogurt with the addition of lyophilized lactic acid bacteria starter cultures: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium bifidum*, to improve the functional properties of the product for the benefit of consumers. A proposal for technical re-equipment with the use of a pasteurization and cooling unit was made.

Key words: technical re-equipment, yogurt with probiotics, biotechnology, production automation, equipment modernization, functional dairy products.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналітичний огляд.....	6
2 Характеристика готвого продукту, сировини, матеріалів, напівпродуктів.....	13
2.1 Характеристика готового продукту.....	13
2.2 Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів.....	14
2.3 Характеристика біологічного об'єкту.....	16
2.4 Біосинтез цільового продукту.....	20
3 Технологічна частина.....	22
3.1 Розрахунок матеріального балансу.....	22
3.2 Розрахунок і вибір технологічного обладнання (із кресленням основного апарату).....	24
3.3 Опис технологічного процесу.....	34
3.4 Схеми виробництва (зі специфікацією обладнання).....	36
3.5 Критичні параметри виробництва.....	40
3.6 Екологічні аспекти виробництва.....	42
Висновок.....	46
Список використаної літератури.....	47
Додатки.....	49

					162.02.09.00 000 ПЗ						
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Семшина			Технічне переоснащення виробництва йогурту з пробіотиками Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Соловійова								2	51
								НФаУ Кафедра біотехнології			
Н. контр.											
Затвердив		Хохленкова Н.В.									

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний ринок молочної продукції динамічно розвивається і споживачі все частіше віддають перевагу здоровим та функціональним продуктам. Водночас виробництво такої продукції потребує не лише якісної сировини, а й сучасних технологій, що забезпечують збереження корисних властивостей пробіотичних культур та відповідність міжнародним стандартам якості.

Технологічне переоснащення молочних підприємств є важливим фактором підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості, поліпшення мікробіологічної чистоти та розширення асортименту продукції. Впровадження інноваційного обладнання, автоматизація процесів та оптимізація технологічних режимів дозволяють виробляти конкурентноспроможну продукцію з високою біологічною цінністю. У зв'язку з цим є актуальним дослідження, спрямовані на модернізацію виробництва йогуртів з використанням пробіотиків, оскільки сприятимуть розвитку молочної галузі, покращенню якості продукції та зміцненню здоров'я споживачів.

Мета роботи є демонстрація та розробка ефективних рішень технічного переоснащення виробництва йогуртів з використанням пробіотиків з урахуванням сучасних технічних вимог, підвищення якості продукції та оптимізації виробничого процесу.

Для досягнення мети були визначені завдання:

- проаналізувати сучасний стан виробництва йогуртів з пробіотиками;
- оцінити вплив технічного переоснащення на якість продукції;
- розробити рекомендації щодо впровадження сучасної технології;
- оцінка економічної ефективності модернізації виробництва ;
- дослідження екологічних аспектів технологічного вдосконалення;
- підготовка практичних рекомендацій для молокопереробних підприємств;

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єктом роботи є закваски молочнокислих бактерій: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та *Bifidobacterium bifidum* та промислове виробництво йогурту класичного 3,2% «LAGO»

Предметом роботи є технологічна реконструкція виробництва йогурту з пробіотиками, що включає модернізацію обладнання, вдосконалення технологічних процесів та використання новітніх біотехнологій для покращення якості продукції та підвищення ефективності виробництва.

Методи, застосовані в дослідженні: аналіз, порівняння, огляд даних, технічні розрахунки, графічне представлення проектів.

Практичне значення отриманих результатів. Під час проходження практики на базі молочного підприємства «LAGO» була ознайомлена з реальною виробничою лінією йогурту, завдяки чому були отримані теоретичні знання з практикою та засвідчитись в актуальності заданої теми. Отримані дані можуть бути використані для поліпшення технологічних процесів підготовки молока для виробництва пробіотичних йогуртів. Запропоновані рекомендації з технічного переоснащення виробництва дозволяють значно підвищити ефективність виробничого процесу, знизити собівартість і поліпшити якість кінцевого продукту. Використання сучасного обладнання та технологій покращує збереження корисних властивостей пробіотичних культур та підвищує функціональну цінність продукту.

Розроблені підходи до автоматизації та оптимізації технологічних процесів сприяють скороченню термінів виробництва та покращенню контролю кожного етапу виробничого циклу. В результаті стабілізується якість йогурту та зменшується ймовірність появи дефектів у кінцевому продукті. Практичне застосування результатів дослідження також підвищить конкурентноспроможність підприємств та дозволить їм забезпечити споживачів якісною, корисною продукцією, що відповідає сучасним вимогам ринку .

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Йогурт - це ферментований молочний продукт, який має своє розповсюдження по всьому світу. Виробництво передбачає використання пастеризованого молока, стандартизованого за жирністю та вмістом сухих речовин. Допускається додавання цукру, фруктових начинки, ароматизаторів, вітаміну С, стабілізаторів та рослинного білка. Ключовим етапом є сквашування, яке здійснюється за допомогою закваски, що містить чисті культури молочнокислих термофільних бактерій *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, не менше ніж 10^7 КУО/г до закінчення терміну придатності до споживання [4,21].

В Україні та світі спостерігається стрімке зростання потреби у харчових продуктах з функціональними особливостями, особливо у йогуртах з пробіотиками. Це пояснюється зростаючим інтересом споживачів до здорового способу життя, запобіганню дисбіозу та підтримці імунітету. Водночас конкуренція на ринку стає дедалі більшою, тому актуалізується необхідність вдосконалення виробництва з метою зменшення витрат, підвищення якості та забезпечення технологічної надійності. Одним з ключових напрямків у цій сфері є технічне переоснащення – модернізація обладнання та автоматизація процесів без коригування технологічного процесу [8, 9, 20].

Мікробний синтез – це найбільш надійний, легко масштабований і керований спосіб отримання високоякісних пробіотичних мікроорганізмів, що знаходять застосування у виробництві функціонального пробіотичного йогурту. У промисловій біотехнології цей процес здійснюється шляхом глибинного культивування штамів мікроорганізмів у стерильному середовищі, з ретельним контролем параметрів росту та фізіологічної активності клітин. Основними об'єктами культивування є переважно штами *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* та *Bifidobacterium bifidum*. Кожен з них повинен відповідати стандартам відповідно до ДСТУ

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7999:2015 та біфідобактерії відповідно до МВК 10.10.2.2.-119-2005, бути за задепонованим у міжнародних колекціях культур та демонструвати стабільність морфологічних властивостей при багаторазовому посіві [22, 23, 24].

Сутністю технологічного процесу є внесення в нормалізоване пастеризоване молоко пробіотичних організмів, найчастіше у формі ліофілізованих чи концентрованих заквасочних культур. До молока, як до сировини для молочної промисловості відповідно до ДСТУ 3662:2018 формулюються вимоги до фізико-хімічних, органолептичних та мікробіологічних властивостей. Серед різноманітного спектру заквасочних форм, саме ліофілізована вважається найвигіднішою для промислового виготовлення продукції. На початковій стадії пробіотичні штами, такі як *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus casei* тощо, культивують у стерильних ферментерах на спеціально підібраних живильних середовищах, зокрема, поживний агар та бульйон. Процес ліофілізації пробіотичних культур ґрунтується на висушуванні клітин, що були заморожені, в умовах вакууму або в середовищі стерильного газу (найчастіше використовують азот), використовується температура від -45 до -60°C, час експозиції 1-2 години, а атмосферний тиск - 200-500 мм рт. ст. . Мікроорганізми, призначені для ліофілізації, культивують у найсприятливіших умовах до того, як настає стаціонарна фаза росту або ж завершується формування певних форм. Далі клітини, або ж, власне, спори, підлягають суспендуванню в рідинах -захисних середовищах. До складу цих середовищ, входять різноманітні сполуки, що оберігають клітини від пошкоджень під час заморожування та висушування [2,25].

Нижче подані рецепти деяких захисних середовищ, що використовують при ліофілізації клітин різних мікроорганізмів:

- желатин - 1 г, сахароза - 10 г, вода дистильована - 100 мл;
- молоко знежирене - 100 мл, глюкоза - 7 г.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Для ефективної ліофілізації, концентрація мікроорганізмів у захисному середовищі мусить бути максимально високою : $10^9 - 10^{10}$ КУО/мл. Отриману суспензію розподіляють в ампули з нейтрального скла, об'ємом 0,5-1 мл, заморожують при температурі – 20-70 °С, після чого висушують та запаюють під вакуумом. Залишкова вологість ліофілізованих клітин знаходиться в діапазоні від 1 до 6 % та залежить від складу захисного середовища і параметрів сушіння. Ампули з ліофілізованими клітинами зберігають у темряві при температурі 4-6 °С .

Ця техніка забезпечує мінімальний тиск на клітини, зберігаючи їх цілісність. Як результат, виходить суха біомаса з великою кількістю життєздатних мікроорганізмів, яка стійка до окислення та мікробного псування, що дозволяє значно збільшити термін зберігання, спрощує перевезення й дозування [26, 27].

Основні відомості промислового виготовлення йогурту наведені в схемі на рис. 1.1.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

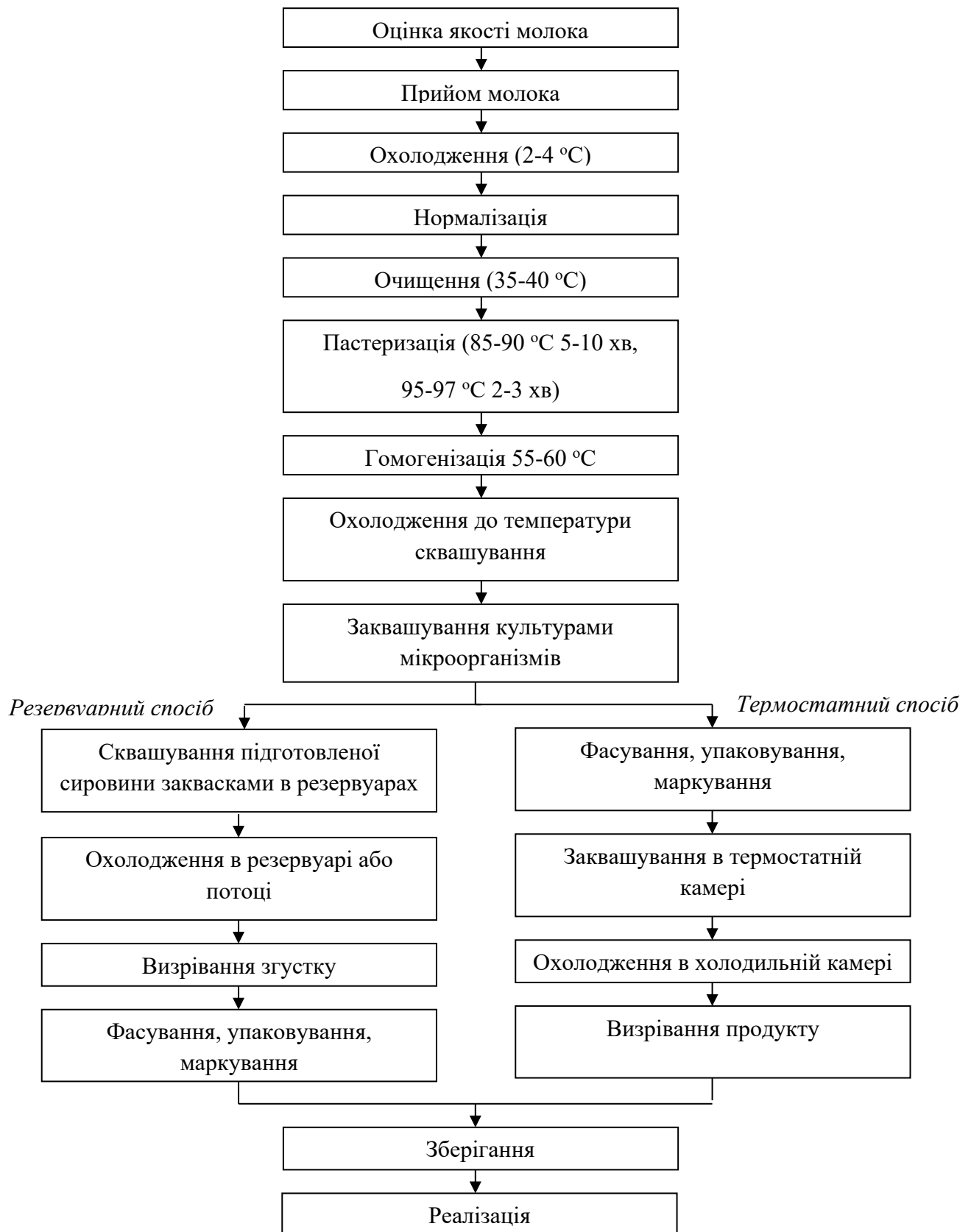


Рис.1.1 Загальна схема виробництва йогуртів

Первинна переробка передбачає знищення небажаної мікрофлори. Спочатку молоко звільняють від механічних забруднень і охолоджують, для того щоб сповільнити розмноження природної мікрофлори. Наступним етапом молоко нормалізують, згодом проводять пастеризацію, при цьому температура збільшується до 85-90 °С, і його перекачують у гомогенізатори для гомогенізації молока при 55-60 °С, забезпечуючи однорідну консистенцію продукту та стабільність згустку, наступним етапом переправляють оброблену сировину в охолоджувач для підготовки перед сквашуванням в танки або ферментери при резервуарному способі виробництва, та в споживчу тару при термостатному способі. При внесенні мікроорганізмів у молоко лактоза гідролізується до глюкози і галактози, глюкоза перетворюється у молочну кислоту, кислотність молока зростає, при рН в межах 4-6 казеїн згортається. Обробка та підготовка молока для виготовлення йогурту базується на гомоферментативному молочнокислому бродінні, в якому основним продуктом є молочна кислота, одночасно відбуваються процеси розщеплення білків та жирів, що сприяє кращій доступності білків у молоці та збагачує його додатковими сполуками, які впливають на смак [1,10].

Обидва методи виробництва йогуртів термостатний та резервуарний базуються на біохімічній активності молочнокислих бактерій, однак відрізняються організацією процесу, розташуванням стадії ферментації в технологічному ланцюгу, а також кінцевими властивостями готового продукту.

Резервуарний спосіб передбачає проведення сквашування в спеціалізованих резервуарах після внесення заквасочних культур у підготовлену молочну сировину. Після досягнення необхідної кислотності та утворення згустку продукт охолоджують і фасують у споживчу тару. Такий підхід є зручним для безперервного або великосерійного виробництва, оскільки дозволяє централізовано контролювати технологічні параметри та мінімізувати ручну працю. Проте транспортування згустку під час фасування

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

часто призводить до його часткового руйнування, що негативно впливає на органолептичні властивості продукту, зокрема — консистенцію.

Натомість термостатний спосіб ґрунтується на внесенні закваски безпосередньо у підготовлене молоко, яке вже розлите в споживчу тару. Ферментація відбувається безпосередньо в упаковці за стабільної температури (переважно 42–45 °С), що дозволяє уникнути механічного впливу на згусток. Завдяки цьому йогурт, виготовлений термостатним способом, має щільну, однорідну консистенцію та високий рівень стабільності структури. Така особливість є надзвичайно важливою для продуктів преміум-класу та йогуртів з підвищеним вмістом сухих речовин або пробіотичних добавок, де структурна цілісність відіграє ключову роль. [17].

До безперечних переваг термостатного способу належать також кращі умови для збереження життєздатності заквасочних культур, оскільки зведено до мінімуму перенесення продукту після сквашування, що зменшує ризики контамінації та окислення. Крім того, цей метод забезпечує стабільніший мікробіологічний склад, що особливо актуально при виробництві пробіотичних йогуртів з додаванням штамів *Bifidobacterium bifidum* та *Lactobacillus bulgaricus* [18].

В перспективі технічного переоснащення виробництва було поставлено низку завдань, спрямованих на підвищення ефективності та стабільності виробництва пробіотичного йогурту з одночасним забезпеченням високих споживчих та біологічних властивостей готового продукту термостатним способом виробництва на підприємстві. Основною метою стало технічне переоснащення одного з ключових етапів технологічного процесу — введення пробіотичних заквасок та їх ферментації в умовах, що забезпечують збереження життєздатності клітин і сталість мікробного складу протягом усього терміну зберігання. Запропоновано адаптацію термостатного способу виробництва для напівбезперервного режиму із застосуванням сучасних пастеризаційно-охолоджувальних установок.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Завдяки цьому рішення поставлена ціль підвищення технологічної надійності, зниження витрат на одиницю продукції, мінімізації втрат активної мікрофлори та поліпшення реологічних характеристик йогурту. Удосконалення мають перспективу широкого застосування на підприємствах, орієнтованих на виготовлення функціональних молочних продуктів з доданою біологічною цінністю.

На підприємстві молочної промисловості "LAGO", де проводилась виробнича практика, для виготовлення йогурту термостатним способом використовується дозрівальне та фасувальне обладнання вітчизняного виробництва. З перспективою технічного переоснащення виробництва пробіотичного йогурту, пропонується заміна пастеризаційно охолоджувальних установок на покращене пастеризаційне обладнання. Це обладнання значно позитивно вплине на обробку та транспортування молока під час виробництва. Пастеризатор дозволяє з високою точністю підтримувати необхідні мікробіологічні параметри пастеризації молока, що забезпечує вищу якість кінцевого продукту, та на мікробіологічний процес під час обробки сировини.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОГО ПРОДУКТУ, СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ, НАПІВПРОДУКТІВ

2.1 Характеристика готового продукту

Йогурт класичний «LAGO» з масовою часткою жиру 3,2 % (ТОВ «LAGO» молочне виробництво) (с.Коржі, Баришівська громада, Київська обл.) має відповідати ДСТУ 4343:2004 див.рис. 2.1



Рис.2.1 Класичний йогурт 3,2 % «LAGO»

Кінцевий продукт запакований в пластиковий стакан циліндричної форми об'ємом 190 г, з фольгованою герметичною кришкою; повинен мати такі органолептичні показники: колір білий, рівномірний по всій масі продукту, виражений кисломолочний запах, чистий та помірно кислий смак характерний для йогуртів, без сторонніх присмаків та запахів, консистенція однорідна, ніжна, гелеобразна, без сировиділення та грудок.

Склад кінцевого продукту молоко коров'яче нормалізоване гатунку «Екстра», бактеріальні заквашувальні культури, (чисті культури молочнокислих мікроорганізмів). Кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1см³, не менше ніж $1 \cdot 10^7$. Допускається незначне відокремлення сироватки на поверхні продукту. Наявність солі зумовлена виключно вмістом натрію, який має природне походження. Володіє великою харчовою та біологічною цінністю (табл.2.1).

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 2.1 – Харчова та енергетична цінність йогурту класичного 3,2% «LAGO»

Вага продукту	100 г	*190 г
Білки	3 г	5.7 г
Жири	3.20 г	6.08 г
Вуглеводи	4 г	7.6 г
Калорійність	57 ккал	108.3 ккал

Примітка. * вага 1 одиниці (упаковки) продукту

Продукт не містить харчових добавок з індексом «Е». До складу закваски входять культури молочнокислих бактерій: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та *Bifidobacterium bifidum*. Строк та умови зберігання: зберігати при температурі (2±4) °C не більше 14 діб. [28]

2.2 Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів

Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів наведена у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів, що використовуються при виробництві класичного йогурту 3,2 % «LAGO»

Найменування	Категорія та номер НТД	Показники НТД, обов'язкові для перевірки	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина:			
Коров'яче молоко гатунку «Екстра»	ДСТУ 3662:2018 [Чинний від 2019-01-01]. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. — 13 с.	Кількість соматичних клітин, кількість мікроорганізмів Масова частка жиру та білка, кислотність, температура приймання сировини, Щільність за 20 °C, г/см³, інгібуюча активність, запах і смак, колір, механічні домішки	Основна сировина

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Заквасочні культури молочнокислих бактерій	ДСТУ IDF 149A:2003 [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Держспоживстан дарт України, 2005. – 14 с.	Життєздатність бактерій, чистота культури, видовий склад, кислоутворююча здатність, консистенція та однорідність, вологість (для ліофілізованих культур), відсутність токсичних речовин	Ферментаційний агент, мікробіологічна сировина

2.3 Характеристика біологічних агентів

До складу закваски, що використовується у виробництві йогурту класичного жирністю 3,2 % «LAGO», входять культури молочнокислих бактерій : *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та *Bifidobacterium bifidum*, характеристика яких наведена в таблиці 2.3 [29]

Таблиця 2.3 - Характеристика мікроорганізмів, що входять до складу закваски

Показник	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Bifidobacterium</i>
	Молочний лактокок	Молочний стрептокок	Біфідобактерії
1	2	3	4
Відношення до кисню	факультативний анаероб чи мікроаерофіл	факультативний анаероб	Анаероби або мікроаерофіли
Температура росту, °С	Термофіли 42-45	Термофіли 37-42	Термофіли 36-38
оптимальна	22-53	15-52	20-50
гранична			
Тривалість сквашування молока, год	3-5	3,5-7	від 12 год. до 5 діб
Гранична кислотність у молоці, °Т	200-300	110-120	120-130
Граничне значення рН росту	3,5-8,5	4,5-8	4,5-8,5

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Продукти життєдіяльності	молочна кислота (гомоферментативні)	молочна кислота, ацетоїн (проміжне положення між гомо- та гетеро ферментативними бактеріями)	молочна та оцтова кислота у співвідношенні 2:3

Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus

Роль у складі мікрофлори молочних продуктів: кислоутворюючий елемент у заквасках для моочних виробів; відповідає за продукування молочної кислоти; зумовлює формування кисломолочного смаку та запаху в кінцевому продукті.



Рис. 2.2 *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*

Характеристика колоній та мікропрепарату:

- на щільних поживних середовищах формує колонії, що розростаються по поверхні, середнього розміру. Вони округлі, гладкі, колір від кремового до білого, мають рівний край;
- мікропрепарат – довгі та короткі палички від 5 до 40 мкм товщиною 1,0- 1,5 мкм, часто розташовані у вигляді ланцюжків. При фарбуванні мікропрепаратів метиленовим синім у клітинах інколи спостерігаються чітко виражені метакроматичні зерна, нерівномірно пофарбовані ділянки протоплазми, що обумовлено несприятливими умовами культивування. (рис. 2.2)

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Streptococcus thermophilus

Роль у складі мікрофлори молочних продуктів: є основним компонентом заквасок для молочнокислих продуктів, зокрема йогурту, він забезпечує швидке зниження рН, утворення згустку, формування смаку та текстури, а також сприяє збереженню мікробіологічної стабільності продукту.

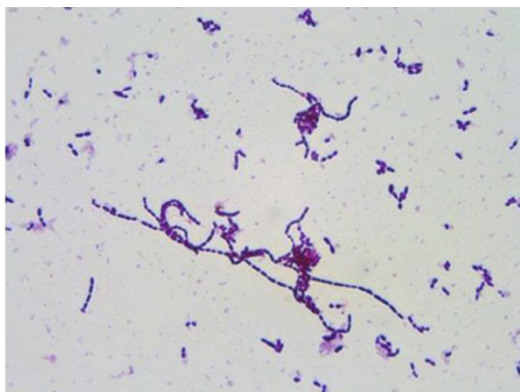


Рис. 2.3 *Streptococcus thermophilus*

Характеристика колоній та мікропрепарату:

- на живильному середовищі утворює дрібні, круглі, опуклі колонії діаметром 1–2 мм, з рівними краями та гладенькою, іноді блискучою поверхнею. Колонії зазвичай мають сірувато-білий або молочно-білий колір, однорідні за структурою, без пігментації. У середовищі з додаванням молока або агаризованого М17-середовища спостерігається утворення характерного кисломолочного запаху.
- мікропрепарат - має вигляд шароподібних чи овальних клітин діаметром 0,7-2,0 мкм, частіше розташованих довгими звитими ланцюжками, рідше - парами. (рис. 2.3)

Bifidobacterium.bifidum

Роль у складі мікрофлори молочних проудктів: пробіотичний складник у заквасках, позитивно впливає на процес травлення й рівновагу мікробіоти кишківника, наділений здатністю продукувати оцтову та молочну кислоти, що позитивно впливає на функціональну цінність кінцевого продукту.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рис. 2.4 *B. Bifidum*

Характеристика колоній та мікропрепарату:

- на щільних поживних середовищах колонії випуклі, мають неправильну або округлу форму, гладкі або злегка зморшкуваті, молочно-білі або кремові; ростуть повільно за анаеробних умов;
- мікропрепарат – прямі, вигнуті, зігнуті, розгалужені, роздвоєні Y- чи V-форми, булавовидні чи гантелевидні товщиною 0,5-1,3 мкм та довжиною 1,5-8 мкм. Клітини розташовуються поодинокі, парами чи скупчено. Грампозитивні, спор та капсул не утворюють, нерухливі, каталазонегативні. При культивуванні біфідобактерій у млоці чи печінковому бульйоні розгалуження зникає, клітини стають грамваріабельними, не чітко фарбуються, з'являється багато гранульованих форм, які схожі на коки. Грануляцію також можна спостерігати у середовищах з високим вмістом сухих речовин. (рис.2.4)

2.4 Біосинтез цільового продукту

Біологічно мікроорганізми здійснюють метаболізм лактози, перетворюючи її на молочну кислоту, розщеплюючи її до глюкози та галактози за допомогою ферменту β -галактозидази. У подальшому, через гліколітичний шлях (Шлях Ембдена-Мейєргофа), глюкоза метаболізується до пірувату, який перетворюється на молочну кислоту. Цей процес можна представити на рисунку 2.5 [14]

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

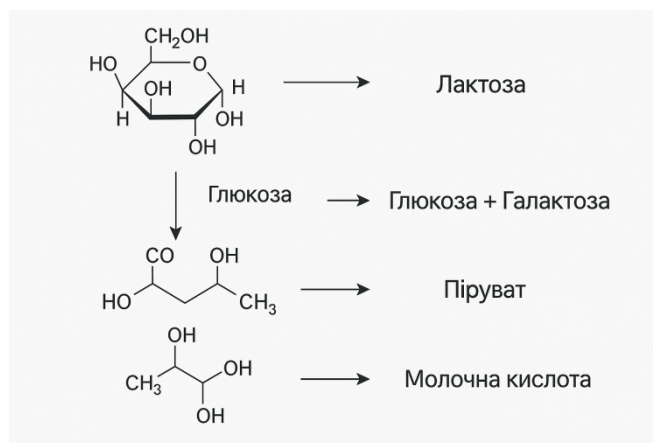


Рис. 2.5 Біохімічна схема ферментації лактози, що здійснюється здійснюється молочнокислими бактеріями

Хімічно зумовлена висока кислотність призводить до зниження $\text{pH} < 4,6$ (титрувальна кислотність $> 0,7\%$), що формує характерний кислуватий або терпкий смак йогурту та сприяє коагуляції білків молока, утворюючи гелеподібну структуру. Коли титрувальна кислотність перевищує $0,7\%$, продукт набуває типового кисломолочного присмаку. В процесі ферментації також продукуються ароматичні сполуки, на зразок ацетальдегіду (CH_3CHO) й діацетилу ($\text{CH}_3\text{COCOCH}_3$), та леткі жирні кислоти. Вони формують органолептичні характеристики кінцевого продукту — смак, аромат, консистенцію.

У промислових умовах ферментацію зазвичай проводять при температурі $42\text{--}45\text{ }^\circ\text{C}$ упродовж $4\text{--}8$ годин. Перед ферментацією молоко пастеризують (до $90\text{--}95\text{ }^\circ\text{C}$, $5\text{--}10$ хвилин), що забезпечує денатурацію сироваткових білків і підвищення водозв'язувальної здатності гелю. Гомогенізація молока сприяє рівномірному розподілу жиру та утворенню стабільного казеїново-жирового комплексу, що підвищує щільність та стабільність структури.

Штам *Bifidobacterium*, додається як додаткова пробіотична культура, знижує pH середовища до $4,0\text{--}4,5$, роблячи його непридатним для більшості патогенів та створюючи природний кислотний бар'єр, який пригнічує розвиток гнильних та умовно-шкідливих бактерій. Також біфідобактерії впливають на текстуру продукту, підвищуючи його в'язкість і стабільність.

Гель, або біла маса, що виникає внаслідок підкислення молока, є результатом агрегації нерозчинних комплексів. Казеїни, які складають приблизно 80 % білків коров'ячого молока, за природою є нерозчинними при рН, близькому до 4,6. Інші компоненти молока, як лактоза, молочна кислота та молочні солі, залишаються розчинними в кислих умовах, відтак перебувають у водній або сироватковій фазі. Вода та розчинні компоненти не піддаються коагуляції та слабо утримуються в гелі. Сироваткові білки природньо розчинні, проте їм набувають нерозчинну властивість завдяки інтенсивному нагріванні молока до ферментації. Ці нерозчинні денатуровані сироваткові білки агрегують з казеїнами, формуючи більш щільну білу масу, що міцніше утримує воду. Це сприяє зменшенню кількості сироватки, яка часом відділяється від йогурту. Коли молоко гомогенізують перед стадією ферментації, глобули молочного жиру покриваються казеїновими білками й частково стають нерозчинними, що забезпечує додаткову жорсткість гелю на основі казеїну [30].

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок матеріального балансу

Для виготовлення класичного йогурту 3,2 %, застосовують молоко «екстра» класу та закваску на основі молочнокислих бактерій для безпосереднього внесення. Баланс матеріалів визначається на 1000 кг кінцевого продукту. Етап підготовки молока належить до загального процесу виробництва, таким чином, розрахунок бере початок зі стадії заквашування

Маса молока, що необхідна для виробництва 1000 кг класичного йогурту 3,2 %, розраховується за формулою:

$$m_{\text{мол}} = m_{\text{йогурту}} / (\eta \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{ф}}), \quad (3.1)$$

де $m_{\text{мол}}$ – маса молока, кг;

$m_{\text{йог}}$ – маса йогурту класичного, кг ($m_{\text{йогурту}} = 1000$ кг);

η – коефіцієнт продуктивності (приймається, що з маси молока утворюється 1/7 маси йогурту класичного із урахуванням втрат у ферментері);

$\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що показує втрати йогурту на прес-візку ($\eta_{\text{в}} = 0,997$);

$\eta_{\text{ф}}$ – коефіцієнт, що показує втрати йогурту при фасуванні ($\eta_{\text{ф}} = 0,992$).

Тоді:

$$m_{\text{мол}} = 1000 / (1/7 \cdot 0,997 \cdot 0,992) = 7077,6 \text{ кг.}$$

Розраховуємо об'єм молока, необхідний для отримання 1000 кг йогурту класичного за формулою:

$$V_{\text{мол}} = m_{\text{мол}} / \rho_{\text{мол}}, \quad (3.2)$$

де $V_{\text{мол}}$ – об'єм молока, л;

$\rho_{\text{мол}}$ – густина молока, кг/л ($\rho_{\text{мол}} = 1,032$ кг/л).

Тоді:

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{мол}} = 7077,6 / 1,032 = 6858,1 \text{ л.}$$

Розраховуємо кількість кисломолочної закваски за формулою:

$$m_{\text{закв}} = m_{\text{мол}} / 1000 \cdot m_{\text{закв}}^{1000}$$

де $m_{\text{закв}}$ – маса закваски, кг;

$m_{\text{закв}}^{1000}$ – норма закваски на 1 т молока, кг ($m_{\text{закв}}^{1000} = 35 \text{ кг/т}$).

Тоді:

$$m_{\text{закв}} = 7077,6 / 1000 \cdot 35 = 247,7 \text{ кг.}$$

Кількість сироватки, що утворилась у ферментері складає:

$$m_{\text{св}} = m_{\text{мол}} + m_{\text{закв}} - m_{\text{йог}} / (\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{ф}}), \quad (3.3)$$

Тоді:

$$m_{\text{св}} = 7077,6 + 247,7 - 1000 / (0,997 \cdot 0,992) = 6314,2 \text{ кг.}$$

Втрати йогурту класичного на прес-візку та на фасуванні розраховуємо за формулою:

$$m_{\text{втр}} = m_{\text{йог}} / (\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{ф}}) - m_{\text{йог}}, \quad (3.4)$$

Тоді:

$$m_{\text{втр}} = 1000 / (0,997 \cdot 0,992) - 1000 = 11,097 \text{ кг.}$$

Розраховуємо необхідну кількість пластикових стаканчиків (з втратами 5 %) на 1000 кг йогурту класичного 3,2% за формулою:

$$n = m_{\text{йог}} / m_{\text{п}}, \quad (3.5)$$

де n – кількість пластикових стаканчиків, шт;

$m_{\text{п}}$ – маса пачки продукту, кг ($m_{\text{п}} = 0,19 \text{ кг}$).

Тоді:

$$n = 1000 / 0,19 = 5263 \text{ шт.}$$

Втрати пластикових стаканчиків дорівнюють:

$$n_{\text{втр}} = n / \eta_{\text{е}} - n, \quad (3.6)$$

де $n_{\text{втр}}$ – кількість зіпсованих пластикових стаканчиків, шт;

n – кількість пластикових стаканчиків, шт;

$\eta_{\text{е}}$ – коефіцієнт, що вказує на втрати пластикових стаканчиків ($\eta_{\text{е}} = 0,97$).

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{втр}} = 5263 / 0,97 - 5263 = 163 \text{ шт}$$

Таблиця 3.1 – Загальний матеріальний баланс виробництва серії класичного йогурту 3,2 % на молочному виробництві ТОВ «LAGO»

Найменування	Витрачено			Отримано		
	Маса, кг	Об'єм, л	Кількість, штук	Маса, кг	Об'єм, л	Кількість, штук
Молоко	7077,6	6858,1				
Закваска	247,7					
Йогурт класичний				1000		
Втрати йогурту класичного				11,09		
Сироватка				6314,2		
Пластикові стаканчики			5263			5263
Втрати пластикових стаканчиків						163
Всього:	7325,3	6858,1	5263	7325		5426

3.2 Розрахунок і вибір технологічного обладнання

Під час виконання кваліфікаційної роботи було здійснено розрахунок устаткування, яке задіяне у виробництві йогурту класичного 3,2 % «LAGO». Розрахунок пастеризаційно-охолоджувальної установки наведено для основного обладнання підприємства, а для допоміжного — розрахунок сепаратора.

Розрахунок потрібної кількості обладнання виконується, ґрунтуючись на продуктивність ділянки та продуктивності апаратів. Розрахунок для сепаратора (безперервної дії) :

$$N = \frac{M_{\text{зм}}}{T_{\text{еф.р.}} \cdot m}, \quad (3.7)$$

$M_{\text{зм}} = 6000 \text{ л/зм}$ – кількість сировини, що переробляється за зміну

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{эф.р.}} = 6$ год – ефективний робочий час

$m = 1500$ л/год – продуктивність сепаратора

$$N = \frac{M_{\text{ЗМ}}}{T_{\text{эф.р.}} * m} = \frac{6\,858}{6 * 1\,000} = 0,1 \approx 1 \text{ од.}$$

Розрахунок до пастеризаційно-охолоджувальної установки (періодичної дії) :

$$N = \frac{M_{\text{ЗМ}}}{V * K_{\text{ц}} * T_{\text{ц}}}, \quad (3.8)$$

де,

N – кількість апаратів, ліній, од;

$M_{\text{ЗМ}}$ – 6000 л/зм – кількість сировини, що переробляється за зміну

V – 500 л - робоча ємність апарату

$K_{\text{ц}}$ – 6 - кількість циклів роботи апарату за зміну;

$T_{\text{ц}}$ – 6 год. - тривалість циклу (затрати часу на проведення операцій в апараті)

$$N = \frac{6\,000}{500 * 1 * 6} = 2$$

Розраховується коефіцієнт доцільності підбору технологічного обладнання, за формулою

$$K_{\text{еф.вик}} = \frac{T_{\text{ф.р.}} + T_{\text{п.з}}}{T_{\text{ЗМ}}}, \quad (3.9)$$

де в розрахунку для пастеризаційно-охолоджувальної установки,

$K_{\text{еф.вик}}$ – коефіцієнт ефективності використання обладнання;

$T_{\text{ф.р.}}$ – 6 год - фактичний час роботи обладнання

$T_{\text{п.з.}}$ – 1,5 год - час на підготовчо-заготівельні операції обладнання (зборка, вихід на режим роботи, розбирання та мийка

$T_{\text{ЗМ}}$ – 8 год - тривалість зміни

$$K_{\text{еф.вик}} = \frac{6 + 1,5}{8} = 0,94$$

Розрахунок для сепаратора

$$K_{\text{еф.вик}} = \frac{5 + 1,5}{8} = 0,81$$

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мета теплового балансу – встановлення енергетичних затрат, визначення кількості теплоносіїв та холодоносіїв, а також втрат в навколишнє середовище.

Рівняння теплового балансу в процесі виробництва йогурту має наступний вигляд:

$$G_M * c_M * (t_K^M - t_P^M) = G_{KB} * c_{KB} * (t_K^{KB} - t_P^{KB}) = G_{ГВ} * c_{ГВ} * (t_K^{ГВ} - t_P^{ГВ}) * \varphi, (3.10)$$

де $G_M, G_{KB}, G_{ГВ}$ – відповідно витрати молока, крижаної води та гарячої води, кг/год;

$c_M, c_{KB}, c_{ГВ}$ – теплоємність молока, крижаної води та гарячої води, ккал/(кг*°C);

t_P^M, t_K^M – початкова та кінцева температури молока, °C;

$t_P^{ГВ}, t_K^{ГВ}$ – початкова та кінцева температури гарячої води, °C;

φ – коефіцієнт, що враховує втрати.

Перед розрахунком теплової енергії наведемо стислий опис технологічного процесу виробництва йогурту.

1) Незбиране молоко (середня жирність 3,6%) викачується з автомолцистерни, очищається на деаераторі, визначається його кількість з допомогою електромагнітного лічильника, а далі молоко очищується на фільтрі грубого очищення і подається насосом до пластинчастого охолоджувача, де його охолоджують до температури 4°C, а далі подають у танки, де охолоджене молоко зберігають перед використанням [];

2) З приймального відділення молоко подається в апаратне відділення, де його підігрівують до температури 50°C і далі молоко підлягає нормалізації з доведенням його жирності до заданої величини, для чого незбиране молоко направляють в підігрітому стані на сепаратор та автоматичний модуль, де молоко очищується та нормалізується;

3) Нормалізоване молоко насосом подається на бактофугу для додаткового очищення, а потім насосом подається в пастеризаційно-охолоджувальну установку, де пастеризується при температурі 75°C, а потім

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолоджується до 4°C, після чого пастеризоване молоко насосом подається до резервуару проміжного зберігання;

4) Пастеризоване молоко подається насосом на гомогенізатор, та гомогенізується при температурі 65°C та тиску (20 – 25) МПа;

5) Охолодження до температури заквашування 40°C;

6) Закваска при температурі 40°C, 5% до загального об'єму вносять при постійному перемішуванні;

7) Квашення продовжується до утворення згустку й досягнення кислотності (95 – 100)°Т;

8) Охолодження до температури 28°C;

19) Доохолодження на складі готової продукції, зберігання та реалізація.

Розрахунок технологічних норм витрат теплової енергії на виробництво йогурту виконується за допомогою рівнянь на базі теплового балансу процесу у відповідності до його основних стадій:

1) Підігрів молока перед нормалізацією: визначимо витрату тепла на підігрів молока $Q_{\text{роз.м.}}$ (Мкал/т) за наступною формулою:

$$Q_{\text{роз.м.}} = \frac{G_{\text{м}} * c_{\text{м}} * (t_{\text{к}} - t_{\text{п}})}{1000} * k_1 * k_2 * \varphi, \quad (3.11)$$

де $G_{\text{м}}$ – маса молока, що нагрівається за певний проміжок часу, кг;

$c_{\text{м}}$ – теплоємність молока, (ккал/кг*°C);

$t_{\text{п}}$ – початкова температура молока, °C;

$t_{\text{к}}$ – кінцева температура молока, °C;

k_1 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в навколишнє середовище;

k_2 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла з конденсатом;

φ – коефіцієнт, що враховує втрати тепла при пуску теплообмінника в роботу.

Коефіцієнт φ потребує спеціального розрахунку. Знайдемо його за формулою:

$$\varphi = 1 + \frac{h * \tau_{\text{п}}}{\tau_{\text{р}}} * n, \quad (3.12)$$

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Де h – коефіцієнт, що враховує відношення втрати тепла при пуску до витрати її при номінальному режимі роботи;

$\tau_{\text{п}}$ – тривалість прогріву обладнання при пуску, год;

$\tau_{\text{р}}$ – тривалість роботи підігрівача в одному технологічному циклі, або за певний проміжок часу;

n – число пусків підігрівача в одному технологічному циклі, або за певний проміжок часу.

$$\varphi = 1 + \frac{1,1 * 0,83}{0,6} = 1,15$$

$$Q_{\text{роз.м.}} = \frac{1035 * 0,96 * (50 - 4)}{1000} * 1,25 * 1,15 = 64,27 \text{ Мкал/т}$$

2) Пастеризація після нормалізації: питому витрати теплової енергії на пастеризацію $Q_{\text{пн}}$ (Мкал/т) знайдемо по формулі:

$$Q_{\text{пн}} = \frac{a_{\text{мс}} * c_{\text{мс}} * (t_{\text{п}} - t_1)}{1000} * (1 - \varepsilon) * k_1 * k_2 * \varphi, \quad (3.13)$$

де $a_{\text{мс}}$ – витрата молока сировини на 1 т готової продукції, кг;

$c_{\text{мс}}$ – питома теплоємність молока сировини, (ккал/кг*°C);

$t_{\text{п}}$ – температура пастеризації, °C;

t_1 – температура молока відповідно на вході в секцію рекуперації, °C;

ε – коефіцієнт рекуперації тепла;

k_1 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в навколишнє середовище;

k_2 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла з конденсатом;

φ – коефіцієнт, що враховує втрати тепла при пуску теплообмінника в роботу.

Коефіцієнт рекуперації тепла ε потребує окремого розрахунку, тому визначимо його за формулою:

$$\varepsilon = \frac{t_2 - t_1}{t_{\text{п}} - t_1}, \quad (3.14)$$

де t_1 – температура молока сировини відповідно на вході в секцію рекуперації, °C;

t_2 – температура молока на виході з секції рекуперації, °C;

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{\text{п}}$ – температура пастеризації молоко сировини, °С.

$$\varepsilon = \frac{78-55}{83-55} = 0,82$$

$$Q_{\text{пн}} = \frac{1035 * 0,93 * (83 - 50)}{1000} * (1 - 0,82) * 1,25 * 1,15 * 0,8 = 4,49 \text{ Мкал/т}$$

3) Пастеризація перед гомогенізацією: визначення питомих витрат теплової енергії на пастеризацію, $Q_{\text{пг}}$ (Мкал/т) здійснюється за формулою:

$$Q_{\text{пг}} = \frac{a_{\text{мс}} * c_{\text{мс}} * (t_{\text{п}} - t_1)}{1000} * (1 - \varepsilon) * k_1 * k_2 * \varphi, \quad (3.15)$$

де $a_{\text{мс}}$ – витрата молоко сировини на 1 т готової продукції, кг;

$c_{\text{мс}}$ – питома теплоємність молоко сировини, (ккал/кг*°С);

$t_{\text{п}}$ – температура пастеризації, °С;

t_1 – температура молока відповідно на вході в секцію рекуперації, °С;

ε – коефіцієнт рекуперації тепла;

k_1 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в навколишнє середовище;

k_2 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла з конденсатом;

φ – коефіцієнт, що враховує втрати тепла при пуску теплообмінника в роботу.

Коефіцієнт рекуперації тепла ε потребує окремого розрахунку, тому визначимо його за формулою:

$$\varepsilon = \frac{t_2 - t_1}{t_{\text{п}} - t_1}, \quad (3.16)$$

де t_1 – температура молоко сировини відповідно на вході в секцію рекуперації, °С;

t_2 – температура молока на виході з секції рекуперації, °С;

$t_{\text{п}}$ – температура пастеризації молоко сировини, °С.

$$\varepsilon = \frac{32 - 6}{97 - 6} = 0,29$$

$$Q_{\text{пн}} = \frac{1035 * 0,91 * (97 - 6)}{1000} * (1 - 0,29) * 1,25 * 1,15 * 0,2 = 25,37 \text{ Мкал/т}$$

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

4) Підігрів продукту для витримки умов сквашування: розрахунок витрати тепла на розігрів $Q_{п.у.скв.}$ (Мкал/т) визначається за формулою:

$$Q_{п.у.скв.} = F * \left(\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n} \right) * (t_b - t_n) * k_1 * k_2 * a_{мс} * \tau, \quad (3.17)$$

де F – площа поверхні одного туму на 1,0 т закваски, m^2 ;

δ – товщина стінок, м;

λ – розрахунковий коефіцієнт;

α_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, $Вт/(m^2 * ^\circ C)$;

t_b – внутрішня температура суміші, що знаходиться в тумі, $^\circ C$;

t_n – температура зовнішнього середовища, $^\circ C$;

k_1 – коефіцієнт перерахунку ват в калорії;

k_2 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла з конденсатом;

$a_{мс}$ – витрата молока сировини на 1 т готової продукції, кг;

τ – час витримки продукту при заданій температурі, год.

$$\begin{aligned} Q_{п.у.скв.} &= 17,9 * \left(\frac{0,005}{0,12} + \frac{1}{24} \right) * (40 - 18) * 0,0006 * 1,25 * 1035 * 6 = \\ &= 152,84 \text{ Мкал/т}, \end{aligned} \quad (3.18)$$

Для охолодження молока до температури заквашування в ємкісному апараті використовують крижану воду. Кількість води можна розрахувати з урахуванням рівняння теплового балансу за формулою:

$$\begin{aligned} G_{KB} &= \frac{G_M * c_M * (t_K^M - t_{II}^M)}{c_{KB} * (t_K^{KB} - t_{II}^{KB}) - 1,1}, \quad (3.19) \\ G_{KB} &= \frac{0,271 * 3280 * (28 - 4)}{4190 * (8 - 4) - 1,1} = 1,273 \text{ кг/год} \end{aligned}$$

Для того, щоб розрахувати витрати електричної енергії по видах устаткування, що бере участь в технологічному процесі виробництва йогурту і устаткування, що обслуговують цей технологічний процес треба з'ясувати

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що відноситься до типового складу технологій виробництва, що мають бути враховані для визначення технологічних витрат електроенергії. Сюди відноситься: перекачування молока та молокопродуктів, перемішування, сепарування, гомогенізація, пастеризація, охолодження, резервування, санітарна обробка обладнання і т.п.

Розрахунок питомих витрат ведеться за формулами:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{P_{c,i}}{A_j} * g_j \quad , \quad (3.20)$$

$$H = \frac{1}{\Pi} * \sum P_{y,i} * k_{з,i} * k_v * \tau_i \quad , \quad (3.21)$$

де $P_{c,i}$ – потужність, що споживається;

Q_i – об'ємна продуктивність і-ого обладнання, м³/год;

ρ – об'ємна густина, кг/м³;

A_j – продуктивність обладнання по виконуваній роботі, т/год;

G_j – маса продукту або напівфабрикату, що обробляється в установці, т;

τ_j – тривалість обробки за певний технологічний цикл, год;

q_j – норма витрат сировини на вироблення відповідного виду продукції, т/т (м³/т); при цьому: $q_j = G/\Pi_j$. При перекачуванні молока. Його очищенні, сепаруванні і т.д.

$P_{y,i}$ – установлена потужність електродвигуна і його обладнання;

$k_{з,i}$ – коефіцієнт завантаження і його обладнання;

k_v – коефіцієнт використання і його обладнання;

Π – обсяг продукції на запланований період.

1) Викачування молока з автоцистерн:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{5,1}{25} * 1,14 = 0,23 \text{ кВт} * \text{год/т}$$

2) Охолодження молока:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{5,1}{25} * 1,14 = 0,23 \text{ кВт} * \text{год/т}$$

3) Резервування молока:

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,0}{3,0} * 1,14 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

4) Перемішування молока:

Для розрахунку потрібно визначити коефіцієнт за формулою:

$$k_{з,i} = \frac{P_{c,i}}{P_{y,i}} \quad , \quad (3.22)$$

$$k_{з,i} = \frac{0,6}{0,75} = 0,8$$

$$H = \frac{1035}{7500} * 0,75 * 0,8 * 0,5 * 20 = 0,828 \text{ кВт * год/т}$$

5) Подача молока у зрівняльний бак:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{5,2}{25} * 1,14 = 0,24 \text{ кВт * год/т}$$

6) Подача молока у секцію нагрівання:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,1}{3} * 1,14 = 0,42 \text{ кВт * год/т}$$

7) Нормалізація молока на сепараторі:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{20}{1} * 1,14 = 22,8 \text{ кВт * год/т}$$

8) Подача нормалізованого молока на ПОУ:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,2}{3} * 1,03 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

9) Подача від сепарованого молока у танк нормалізації:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,2}{3} * 1,03 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

10) Подача знежиреного молока у танк нормалізації:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,2}{3} * 1,03 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

11) Резервування молочної суміші:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,2}{3} * 1,03 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

12) Перемішування молочної суміші:

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$H = \frac{1035}{7500} * 0,75 * 0,84 * 0,5 * 20 = 0,869 \text{ кВт * год/т}$$

13) подача молока у секцію нагрівання:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,48}{3} * 1,0 = 0,51 \text{ кВт * год/т}$$

14) Гомогенізація продукту:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{71}{1} * 1,0 = 73,13 \text{ кВт * год/т}$$

15) подача продукту на ПОУ:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,2}{3} * 1,03 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

16) Пастеризація продукту:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{5,5}{25} * 1,03 = 0,23 \text{ кВт * год/т}$$

17) Резервування продукту для сквашування:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{1,2}{3} * 1,03 = 0,4 \text{ кВт * год/т}$$

18) Охолодження продукту:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{5,3}{25} * 1,03 = 0,22 \text{ кВт * год/т}$$

19) Розлив та фасування продукту:

$$|H^w| = \frac{P_{c,i}}{Q_i * \rho} * q_j = \frac{3}{0,3} * 1,0 = 10 \text{ кВт * год/т}$$

20) Витрати електроенергії при санообробці в сумі дорівнюють 2,02 кВт*год/т.

Витрату електроенергії на виробництво йогурту розраховується за сумою цих калькуляційних статей:

$H=0,23+0,23+0,4+0,828+0,24+0,42+22,8+0,4+0,4+0,4+0,4+0,869+0,51+73,13+0,4+0,23+0,4+0,22+10+2,02=114,527 \text{ кВт*год/т.}$

Річний об'єм виробництва продукту- 1 356 500 стаканів

Кількість серій на рік:

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{A}{A_c} \quad (3.23)$$

де A – річний об'єм виробництва, стак. шт.;

A_0 – кількість стаканів в серії, шт.

$$N = \frac{1\,356\,500}{5426} = 250 \text{ серій}$$

Пастеризаційно-охолоджувальна установка, згідно з технічними параметрами, відповідає вимогам виробничої лінії для пробітичного йогурту та зображена на рисунку 3.1

3.3 Опис технологічного процесу

ДР1 Підготовка виробництва

Цей етап включає комплекс заходів санітарної обробки виробничого приміщення, перевірка справності апаратури та її обробка для роботи, підготовка персоналу до виробничого процесу.

ДР2 Приймання сировини

ДР2.1 Перекачування молока. Подача молока до вагів здійснюється за допомогою відцентрового насоса харчового призначення Е8-36- 3Ц 3,5- 10 .

ДР2.2 Зважування молока. Після знаходження молока на виробництва, сировину зважують на вагах СМІ-500 (КП2). Зважене молоко стікає в ванну.

ДР2.3 Охолодження молока. За допомогою відцентрового насоса Е8-36-3Ц 3,5-10 молоко подається з ванни до охолоджувача ОО1-У10 (Х 5), у якому здійснюється зниження температури продукту до +4 °С.

ДР2.4 Резервування молока. Після проходження охолодження молоко транспортується до резервуарів-танків В2-ОМГ10 та Г6-ОМГ-25, для тимчасового зберігання.

ДР3 Підготовка сировини. На виробництво йогурту надходить нормалізоване коров'яче молоко екстра гатунку, яке приймається згідно з

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

вимогами ДСТУ 3662:2018 та ДСТУ 4343:2004. Виконується підігрів молока до температури сепарації 45 °С, та переходить в сепаратор-гідроочисник Ж5-ОС2-НС та оброблюється в ньому перед нормалізацією молока.

ДР3.1 Нормалізація до 3,2 % жиру. Після попередньої обробки молока, сировина надходить в резервуари із мешалками РМУ-1000 та витратними насосами НЦС, Г2-ОП, вершки направляються в танк марки В2-ОМВ-6,3

ДР3.2 Пастеризація. Нормалізоване молоко пастеризують в пастеризаційно-охолоджувальній установці А1-ОКЛ-5 при температурі 63-65 °С 20 хвилин та 72-75 °С 15-20 секунд. При виробництві йогурту молоко піддають пастеризації за високих температур, що допомагає ефективно знищити шкідливі мікроорганізми. Високі температури змінюють структуру сироваткових білків, змушуючи їх згортатися і з'єднуватися з казеїном. Це покращує структуру йогурту, робить згусток міцнішим і одноріднішим та подовжує термін зберігання.

ДР3.4 Гомогенізація. Після етапу процесу пастеризації молоко гомогенізують в гомогенізаторі моделі YUMIX V 15-19. Гомогенізація проходить охолоджене пастеризоване молоко до 40-45 °С. За вмісту жиру 3,2 % гомогенізація проводиться при тиску 15 МПа.

ДР3.5 Підготовка до засіювання культурами. Підготовлене молоко переливають в ємність Я1-ОСВ-5 та охолоджують до температури сквашування 42-45 °С, перед внесенням заквасочних культур мікроорганізмів. Відхилення показників температури забороняється.

ТП4 Отримання йогурту

ТП4.1 Внесення заквасочних культур. Ферментаційний процес сквашування молока здійснюється внесенням в нього заквасочних культур ліофілізованих молочнокислих бактерій в ємність з підготовленою напередодні сировиною - безпосередньо або у вигляді попередньо активованого маточного посіву. Кількість життєздатних клітин у хороших ліофілізованих заквасках сягає 10⁹ КУО/г. У процесі сквашування

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

відбувається молочнокисле бродіння — бактерії перетворюють лактозу на молочну кислоту. Це поступово знижує рН середовища до 4,4–4,6, що відповідає кінцевій кислотності приблизно 75–100°Т При прямому внесенні доза становить зазвичай 0,5–1 г/л. Після цього насосом переливають в наступну ємність Я1-ОСВ-5 та запаковують в споживчій тарі використовуючи фасувальний М6-ОР2-Б Та маркувальний М6-АУД апарати.

ТП4.2 Заквашування йогурту. На цьому етапі сировину поміщають в спеціальну холодильну камеру ОО1-У10, де йогурт проходить процес культивування мікроорганізмами

ТП4.3 Охолодження. Після ферментаційного процесу йогурт охолоджують в холодильній камері до температури + 2-4 °С

ТП4.4 Зберігання. Йогурт зберігають в холодильних камерах при сталій температурі не більше 14 діб.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

3.4 Схеми виробництва

Біологічна схема виробництва класичного йогурту 3,2 % «LAGO»
наведена на рис. 3.1

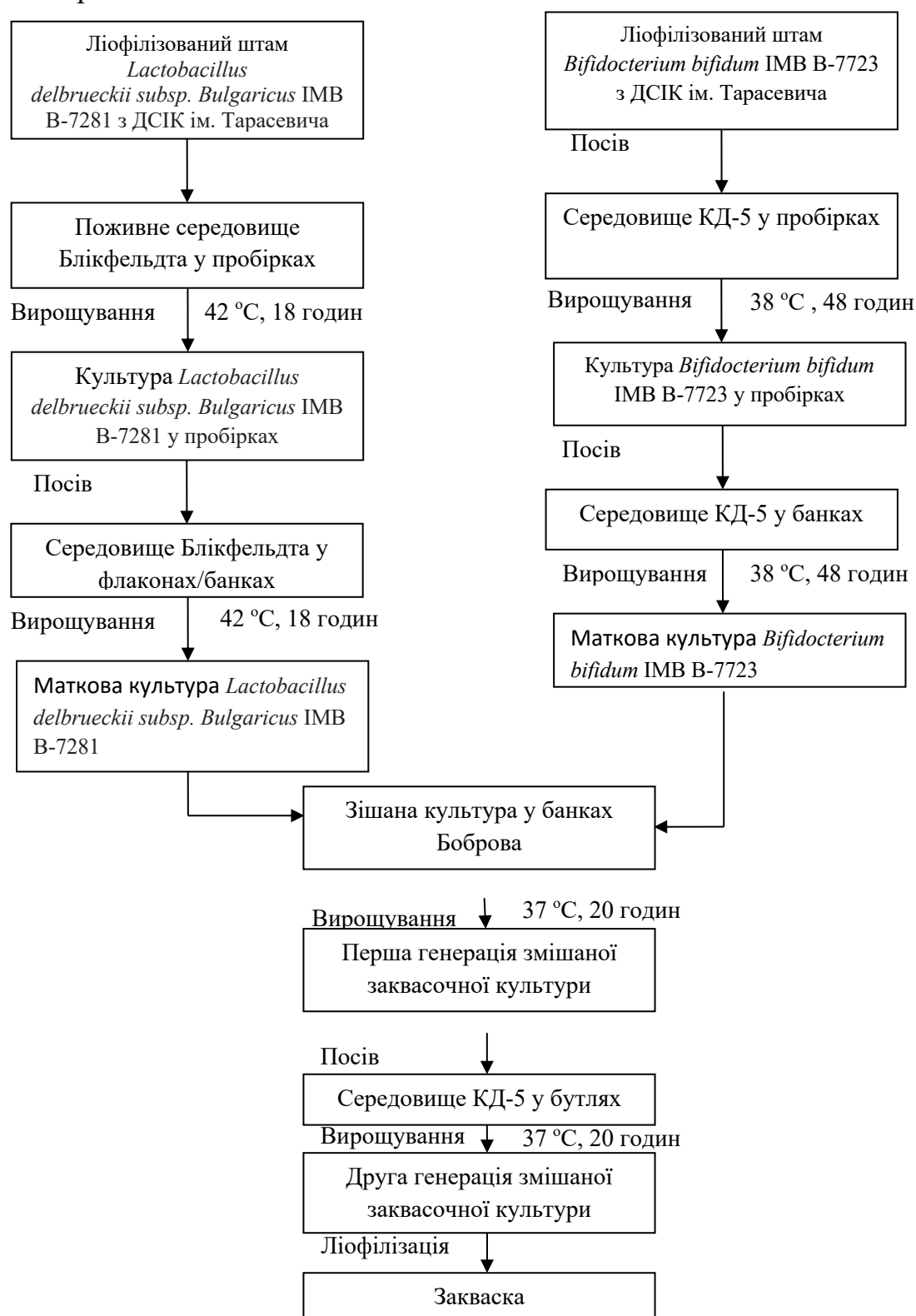
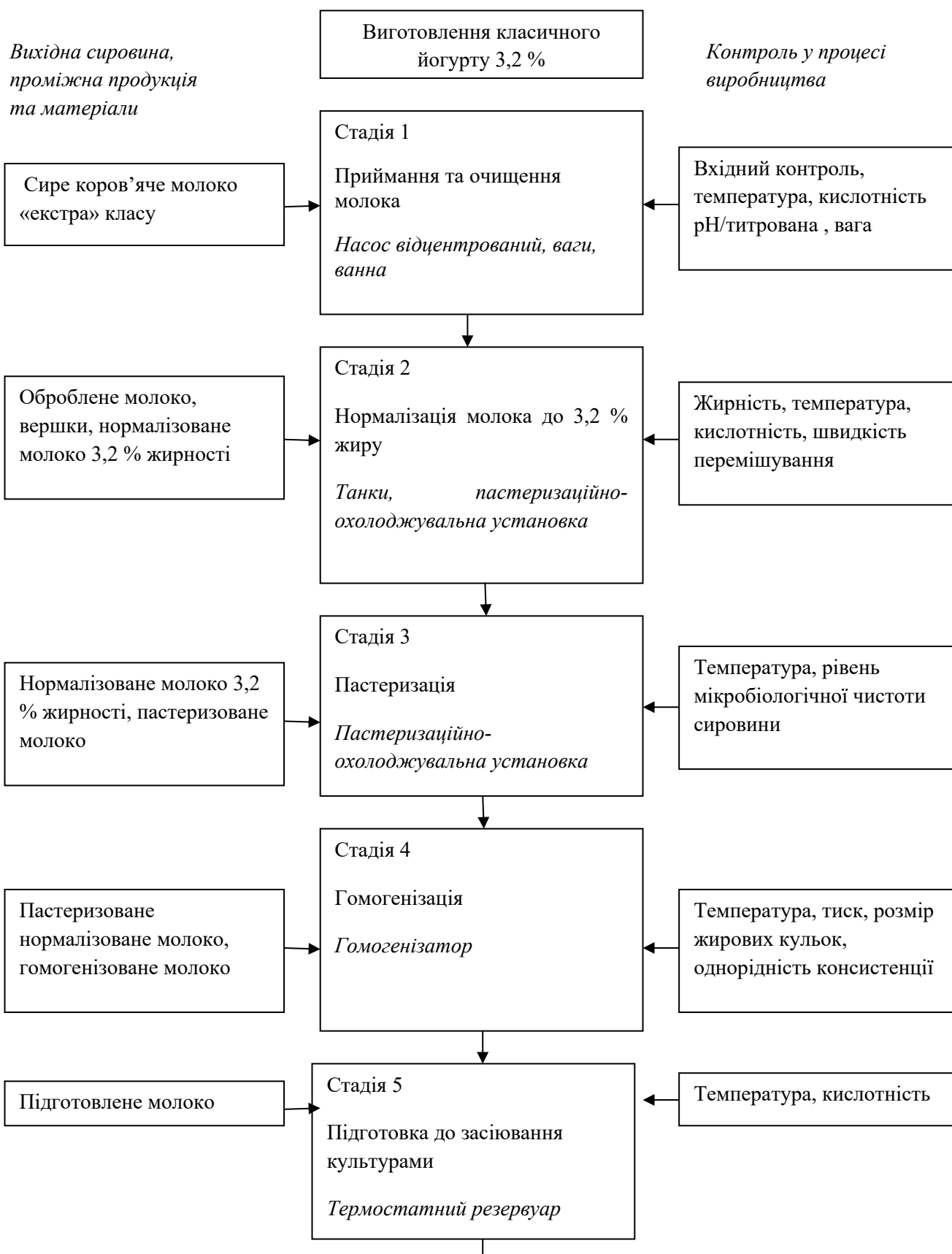


Рис. 3.1 Біологічна схема виробництва йогурту класичного 3,2% «LAGO»

Технологічна схема виробництва класичного йогурту 3,2 % «LAGO»

на рис. 3.2



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

162.01.06.00 000 ПЗ

Арк.

37

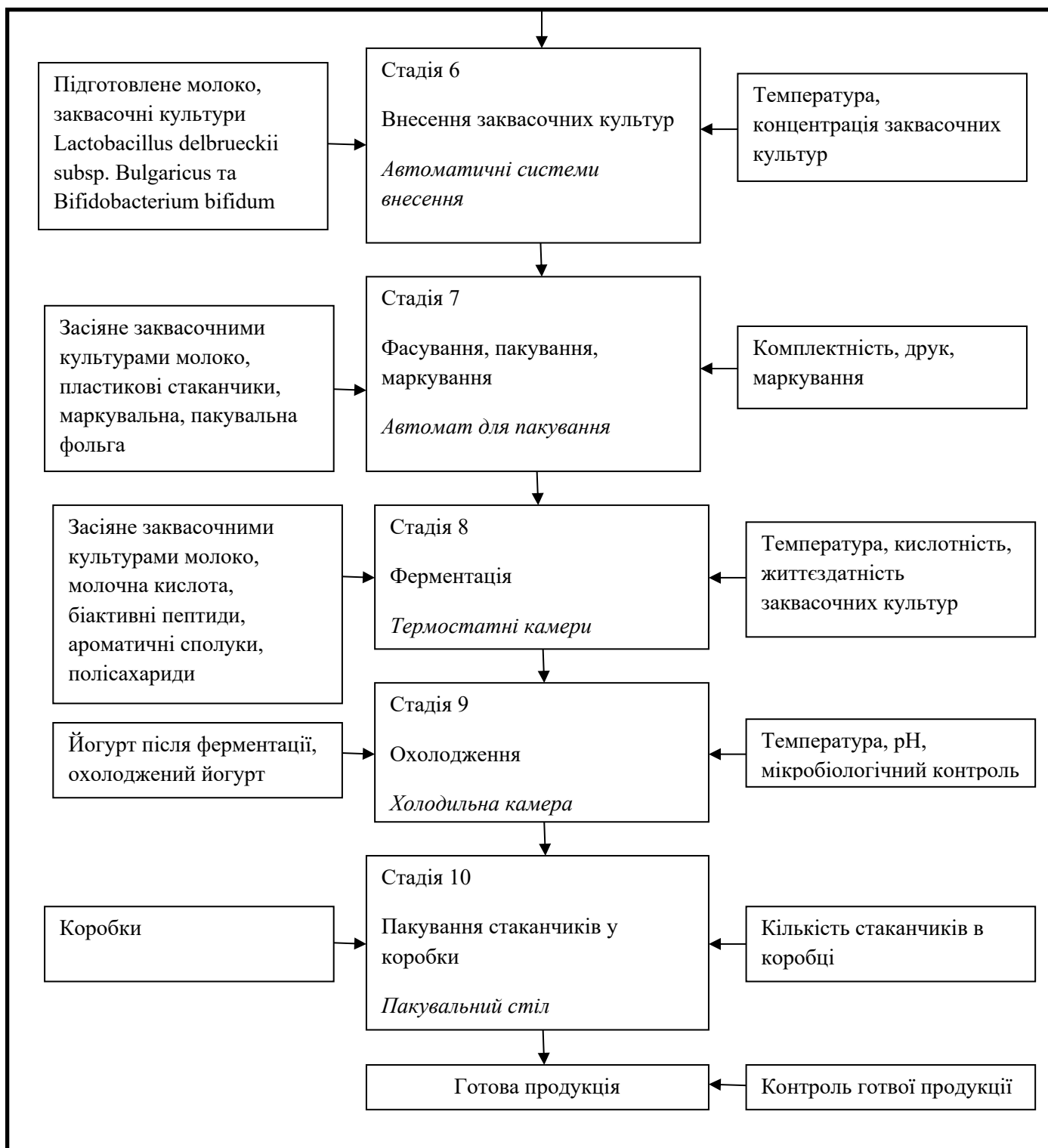


Рис. 3.2 Технологічна схема виробництва йогурту класичного 3,2% «LAGO»

Апаратна схема виробництва класичного йогурту 3,2 % «LAGO» наведена на рис. 3.3

У табл. 3.2 представлена специфікація на обладнання виробництва класичного йогурту 3,2 % «LAGO».

Таблиця 3.2 Специфікація обладнання виробництва класичного йогурту 3,2 % «LAGO».

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Н 1, Н 4, Н 14	Е8-36- 3Ц 3,5- 10	Насос відцентрований	3		Сталь Н8Х10Т
КП 2	СМІ-500	Ваги	1		
В 3	СВ-2000	Ванна	1		Сталь 12 Х18Н10Т
Х 5, О19, Х 20, Х21	ОО1-У10	Холодильна камера, охолоджувач	4		Сталь Н8Х10Т
Т6, Т7, Т9, Т10	Г6-ОМГ10, В2- ОМГ-25	Танки	4		Сталь 12 Х18Н10Т
ПОУ 11, ПОУ13	А1-ОКЛ-5	Пастеризаційно- охолоджувальна установка	2		Сталь Н8Х10Т
Г 12	YUMIX V 15-19	Гомогенізатор	1		Сталь 12 Х18Н10Т
Є15, Є16	Я1-ОСВ-5	Ємність	2		Сталь Н8Х10Т
С 8	Ж5-ОС2- НС	Сепаратор	1		Сталь 12 Х18Н10Т
ФА17	М6-ОР2-Б	Фасувальний апарат	1		Сталь Н8Х10Т
МА18	М6- АУД	Маркувальний апарат	1		Сталь Н8Х10Т

3.5 Критичні параметри виробництва

В Україні затверджений стандарт на виробництво йогуртів згідно ДСТУ 4343:2004 - Йогурти. Загальні технічні умови [31]. Згідно цієї настанови йогурт – це кисломолочний продукт з підвищеним вмістом сухих речовин, який виготовляють сквашуванням молока штамами мікроорганізмів *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus salivarius subsp.*

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

thermophilus. Кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1см³, не менше ніж $1 \cdot 10^7$.

Йогурти повинні відповідати вимогам цього стандарту і їх виробляють згідно з технологічними інструкціями і рецептурами з дотриманням санітарних правил для підприємств молочної промисловості ДСП 4.4.4.011-98 [32], затвердженими у встановленому порядку.

У табл. 3.1 наведено контроль критичних стадій і проміжної продукції виробництва.

Таблиця 3.1 Контроль критичних стадій і проміжної продукції

Номер	Критичні точки (критичні стадії операції)	Критичні параметри і критичні характеристики якості	Одиниці виміру	Критерій прийнятності
1	2	3	4	5
1	- підготовка виробничих приміщень	Мікробіологічна контамінація повітря робочої зони	КУО/м ³	Класи чистоти: А - < 1 В – не більше 10 С – не більше 100 D – не більше 200
		Максимально-допустиме число часток в 1 м ³ повітря в оснащеному і функціонуючому стані	Штук	Примітка 1
2	- підготовка обладнання і інвентарю	Мікробіологічна контамінація поверхонь обладнання та інвентарю	КУО/м ³ /пластина	Класи чистоти А - < 1 В – не більше 5 С – не більше 25 D – не більше 50
3	- підготовка технологічного одягу	- мікробіологічна контамінація технологічного одягу	КУО/м ³ /пластина	Класи чистоти А - < 1 В – не більше 5 С – не нормується D – не нормується
4	- підготовка персоналу	- мікробіологічна контамінація рук (рукавичок) персоналу	КУО/м ³ /рукавичка	Класи чистоти А - < 1 В – не більше 5 С – не нормується D – не нормується

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
5	- підготовка первинної упаковки	- режим миття та стерильності тари - механічні включення в змивах з внутрішніх поверхонь стаканчиків	-	Відповідає ТД. Стерильні Відсутність
6	- підготовка сировини	Вхідний контроль сировини: - перевірка ідентичності сировинних матеріалів; - цілісність упаковки - вхідний контроль сировини	-	Відповідність показникам НД
7	- підготовка заквасочних культур	Вхідний контроль заквасок - кількість життєздатних мікроорганізмів; - патогенні мікроорганізми - наявність дріждів і плісня грибів	КУО/м ³	ДСТУ 7999:2015 МВК 10.10.2.2 ГОСТ 10444.12

Примітка 1

Клас	Максимально допустима кількість часток в 1 м ³ повітря			
	Оснащений стан		Експлуатований стан	
	0,5 мкм	5,0 мкм	0,5 мкм	5,0 мкм
A	3 520	20	3 520	20
B	3 520	29	352 000	2 900
C	352 000	2 900	3 520 000	29 000
D	3 520 000	29 000	Не нормується	Не нормується

3.6 Екологічні аспекти виробництва

Виробництво йогуртів, як і будь-який біотехнологічний процес, супроводжується утворенням побічних продуктів, викидів, стічних вод та твердих відходів, що можуть чинити вплив на довкілля. Відповідно до вимог ГОСТ 17.2.3.02-78, ДСП 201-97, СанПіН 4630-88 та СанПіН 42-128-4690-88, на підприємстві організовують систему екологічного контролю та впроваджують заходи з охорони навколишнього середовища. [31]

Актуальні рекомендації поводження з продуктами відходів наступні. Сироваткові залишки, що утворюються під час виробництва йогурту, можуть бути ефективно використані як кормова добавка для тварин або як сировина

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для виробництва біоетанолу, що сприяє зменшенню обсягу відходів та додатковому отриманню корисних продуктів. Промивні стоки після ферментації, які містять залишки жиру та органічних речовин, доцільно піддавати знежиренню з подальшим використанням очищеної води як технічної, що дозволяє знизити навантаження на водні ресурси. Біологічний осад, що накопичується після процесів біологічного очищення стічних вод, можна застосовувати як органічне добриво, забезпечуючи природне збагачення ґрунтів поживними речовинами. Полімерна упаковка, що використовується для фасування йогурту, підлягає сортуванню та подальшій вторинній переробці через спеціалізовані перероблюючі сировину організації, що сприяє зменшенню кількості твердих побутових відходів та екологічному сталому розвитку виробництва.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

ВИСНОВОК

Об'єктом кваліфікаційної роботи є закваски молочнокислих бактерій: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та *Bifidobacterium bifidum* та виробництво класичного йогурту 3,2% ТМ «LAGO». Метою роботи було технічне переоснащення виробництва без впливу на виробничу лінію продукту, з метою підвищення якості та забезпечення технологічної надійності. Було проаналізовано технологічний процес виробництва йогурту, основне та допоміжне обладнання, яке бере участь в процесі виготовлення продукції. Запропоновано замінити обладнання, а саме пастеризаційно-охолоджувальну установку на більш сучасну. Завдяки запропонованому устаткуванню у виробництві пробіотичного йогурту, може бути забезпечено стабільність процесу дозрівання йогурту, та підвищення якості кінцевого продукту.

Проведене переоснащення виробництва йогурту матиме позитивний вплив на критичні параметри виробництва, їх вдосконаленість та ступень відповідності, що надасть якісний рівень виробничого процесу та вихідної продукції – пробіотичного йогурту. Також було розглянуто та наведено рекомендації щодо екологічної частини виробництва, перспективні можливості утилізації відходів без негативного впливу на навколишнє середовище, згідно дотримання законодавчих стандартів про екологічну безпеку виробництва.

Таким чином, технічне переоснащення виробництва пробіотичного йогурту є важливим кроком для підвищення конкурентоспроможності підприємства, забезпечення високої якості продукції та дотримання сучасних стандартів у харчовій промисловості. Запропоновані рішення можуть бути впроваджені в практику з метою розвитку ефективного, екологічно відповідального та інноваційного виробництва.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Курта С. А. Біотехнології харчових продуктів : курс лекцій. Івано-Франківськ : ПНУ ім. В. Стефаника, 2020. 310 с.
2. Юлевич О. І. Технологія про- та пребіотиків : метод. рек. для виконання лабораторно-практичних робіт та самостійного вивчення дисципліни для здобувачів другого (магістерського) рівня вищ. освіти ОПП «Біотехнології та біоінженерія» спец. 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми здобуття вищ. освіти. Миколаїв : Миколаївський нац. аграрний ун-т, 2024. 45 с.
3. Сучасні досягнення фармацевтичної технології та біотехнології : зб. наук. пр. / редкол.: А. А. Котвіцька та ін. Харків : НФаУ, 2019. 559 с. URL: <https://biotech.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2019/11/7-8-11-19-Book.pdf> (дата звернення: 10.04.2025).
4. Мікробіологія харчових виробництв : навч. посіб. / за ред. А. М. Соломон та ін. Вінниця : ВНАУ, 2020. 312 с. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/25443.pdf> (дата звернення: 10.04.2025).
5. Probiotic viability in yoghurt: A review of influential factors / A. M. Mortazavian et al. *International dairy journal*. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/342340137_Probiotic_viability_in_yogh_yog_A_review_of_influential_factors (Date of access: 15.04.2025).
6. Біотехнологія: досвід, традиції та інновації : зб. наук. пр. / редкол.: Т. П. Пирог та ін. Київ : НУХТ, 2016. 645 с.
7. Lopes M. D., Silva C. C. G. Production of a probiotic yogurt: Study of functional and organoleptic properties. 2023. P. 17–29. URL: https://www.researchgate.net/publication/376076832_Production_of_a_probiotic_yogurt_Study_of_functional_and_organoleptic_properties (Date of access: 15.04.2025).
8. The effect of probiotics as a starter culture for producing yogurt / H. J. Heacock et al. *BCIT Environmental Public Health Journal*. 2019. DOI: 10.47339/ephj.2019.41.

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

9. Мікробіологія : підручник / за заг. ред. Н. І. Філімонової. 2-ге вид. Харків : НФаУ, 2019. 676 с.
10. Харчова біотехнологія : науково-допоміжний бібліогр. покажч. / упоряд.: О. В. Олабоді та ін. Київ : Національний університет харчових технологій, 2021. 136 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/12888b2c-a586-4138-8fe8-13fda5668cd4/content> (дата звернення: 10.04.2025).
11. De Souza M., Drunkler D. A., Colla E. Probiotic Functional Yogurt: Challenges and Opportunities. *Fermentation*. 2024. Vol. 10(1). P. 6. DOI: 10.3390/fermentation10010006.
12. Worku H., Amenu K., Fesseha H. The Role of Starter Culture in Producing Probiotic Yoghurt: Significance for Human Health -A Review. *Int. J. Rec. Biotech*. 2020. Vol. 8(2). P. 20–34. DOI: 10.18782/2322-0392.1286.
13. Мікробіологія молока і молочних продуктів з основами ветеринарно-санітарної експертизи : навч. посіб. / О. М. Бергілевич та ін. ; за ред. В. В. Касянчук. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.
14. Meghwal M., Goyal M. R., Chavan R. S. Dairy engineering: advanced technologies and their applications. New Jersey : Apple Academic Press Inc., 2017. 398 p. URL: <https://rexresearch1.com/DairyTechnologyLibrary/Dairyenggadvance dtech.pdf> (Date of access: 15.04.2025).
15. Соломон А. М. Обґрунтування напрямів розвитку функціональних молочних продуктів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінницький національний аграрний університет*. 2017. № 2(97). С. 85–89. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=A5layLAAAAAJ&hl=uk> (дата звернення: 10.04.2025).
16. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія / за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. Харків : ХДУХТ, 2017. Ч. 1. 940 с. URL:

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

<https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/21653?locale=uk> (дата звернення: 10.04.2025).

17. Молокопереробка. Промисловий інжиніринг : підручник / С. В. Іванов та ін. Київ : НУХТ, 2017. 275 с.

18. Application of hazard analysis and critical control point system in the dairy industry / M. Kassem et al. *East. Medit. Health J.* 2002. Vol. 8(1). P. 114–128. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15330567/> (Date of access: 15.04.2025).

19. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 28-29 трав. 2015 р. Київ : НУХТ, 2015. 182 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/306bb2db-a96e-41f2-b781-27a343c978b4/content> (дата звернення: 10.04.2025).

20. Бондар М. М. Застосування пробіотиків та пребіотиків у молочних напоях. *Znanstvena misel journal.* 2020. Vol. 42. P. 14–23. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/24937.pdf> (дата звернення: 10.04.2025).

21. Коваленко, В. О. Мікробіологія молока і молочних проудктів [Текст] : К56 навчальний посібник / В. О. Коваленко, В. В. Євлаш, Л. О. Чернова. – Х. : ХДУХТ, 2011.- 136 с. URL:

https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/4147/1/11microbiology_milk.pdf

22. ДСТУ 7999:2015. Продукти харчові. Методи визначення молочнокислих бактерій [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2017. 48 с.

23. МВК 10.10.2.2.-119-2005. Методичні вказівки з методів контролю. Постанова про погодження методик визначення біологічних речовин [Чинний від 2004-28-01]. Вид. Держсанепідемслужба (з 2003р.), МОЗ України, Голов.державн.санітарний лікар. Постанова, Вказівки від 28.01.2004 № 4 , 2004.

24. Пирог Т.П., Антонюк М.М., Скроцька О.І., Кігель Н.Ф. Х 20 Харчова біотехнологія: підручник – К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 408 с. URL:

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

https://lira-k.com.ua/preview/12204.pdf?srsId=AfmBOop3EG2mf5GNWOVfn-OxND_JaW4ts9WEk2PoEof52ZHM4kVc63pB

25. ДСТУ 3662:2018 Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови [Чинний від 2019-01-01]. Вид. ДП «УкрНДНЦ», 2018. 12 с.

26. Dipankar Sardar, Taslim Hossain. Stability evaluation of lyophilized probiotic bacteria / GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2022, 21(03), 105–111. DOI : <https://gsconlinepress.com/journals/gscbps/content/stability-evaluation-lyophilized-probiotic-bacteria>

27. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник/ М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В.Коломієць. – Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. - 252 с. URL : <https://studfile.net/preview/12528951/page:12/>

28. Офіційний сайт ТМ «LAGO». Йогурт класичний 3,2 % . URL : https://lago.com.ua/product/yogurt_clasic_190/

29. Мікроскопіювання у санітарно-мікробіологічному контролі виробництва молочних продуктів : навч.посіб / Н.М. Шульга, А.О. Бовкун, Л.А. Млечко. Навчальний посібник. - К.: ПІДО НУХТ, 2008. – 49 с. URL : <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/79fbd172-c576-41ca-ab26-ad3415b7936e/content>

30. Yogurt Monograph Series : production / Daniel Wilbanks. URL : www.cdr.wisc.edu/yogurt-monograph-production

31. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови [Чинний від 2005-10-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

32. ДСП 4.4.4-011-98 Державні санітарні правила для молокопереробних підприємств [Чинний від 1999-01-01]. Вид. офіц. Київ : МОЗ України, 1998, 25 с

					162.01.06.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

ДОДАТКИ

[illegible]

16.02.19.00.000 АСА

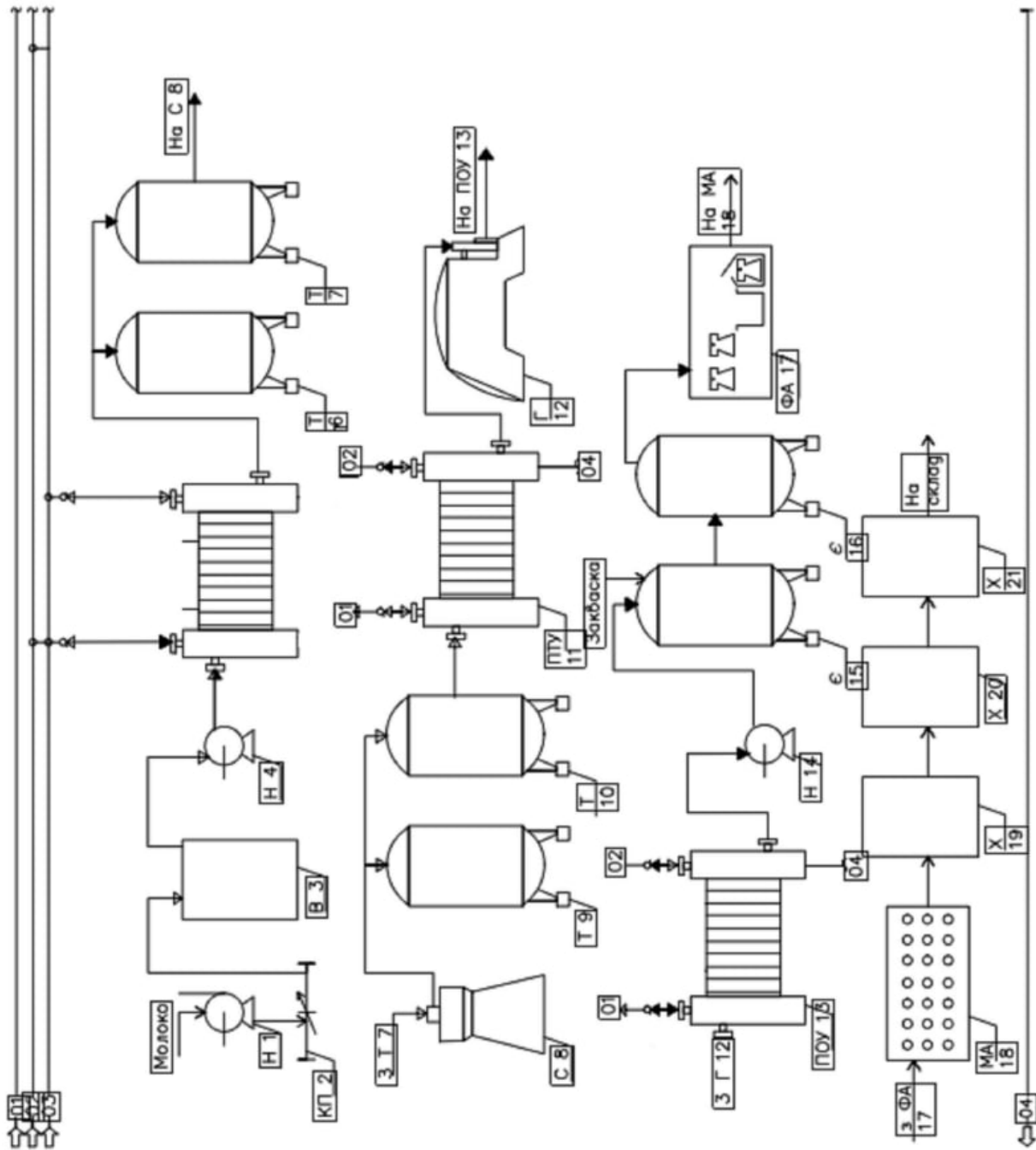


Таблица условных обозначений

Условные обозначения	Наименование соответствующего объекта
Н 1	Насос
Н 2	Насос
Н 3	Насос
Н 4	Насос
Н 5	Насос
Н 6	Насос
Н 7	Насос
Н 8	Насос
Н 9	Насос
Н 10	Насос
Н 11	Насос
Н 12	Насос
Н 13	Насос
Н 14	Насос
Н 15	Насос
Н 16	Насос
Н 17	Насос
Н 18	Насос
Н 19	Насос
Н 20	Насос
Н 21	Насос
Н 22	Насос
Н 23	Насос
Н 24	Насос
Н 25	Насос

Перечень элементов сети

Наименование	Назначение	Кол.
Н 1, 4, 6	Насос	3
Н 2, 7, 9, 10	Насос	4
Н 3, 5, 11, 13	Насос	3
Н 12	Насос	1
Н 17	Насос	1
Н 19, 20, 21	Насос	3

16.02.19.00.000 АСА

Наименование	Назначение	Кол.
Н 1, 4, 6	Насос	3
Н 2, 7, 9, 10	Насос	4
Н 3, 5, 11, 13	Насос	3
Н 12	Насос	1
Н 17	Насос	1
Н 19, 20, 21	Насос	3