

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробної і харчової
промисловості»
Цвіркун Л.О.
« ____ » _____ 2024 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ**
ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ»

Виконав:

здобувач вищої освіти Буньков Владислав Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

доцент, к.т.н., доцент, Омельченко О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2024

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Технологічні схеми виробництва йогурту.

Узагальнена схема процесу виробництва йогурту.

Обладнання для контролю якості йогурту.

Схема оптимізації технологічного процесу виготовлення йогурту.

Дослідження йогуртів на кислотність рН.

6. Дата видачі завдання «17» листопада 2023 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2024-15.02.2024
2	Аналіз технологічного процесу виготовлення йогурту	16.12.2024-10.03.2024
3	Удосконалення обладнання для покращення якості виготовлення йогуртів	11.03.2024-15.04.2024
4	Аналіз результатів досліджень	16.04.2024-30.04.2024
5	Висновки по роботі	01.05.2024-12.05.2024
6	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2024-03.06.2024

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Буньков В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Омельченко О.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить 16 рисунків, 7 таблиць. Список використаних джерел складається з 18 найменувань.

Об'єкт роботи – система автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів.

Предмет роботи – процес виготовлення йогурту.

Мета роботи – удосконалення процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів.

У роботі зазначено, що йогурт – це кисломолочний продукт з консистенцією схожою на заварний крем, який відрізняє його від інших кисломолочних продуктів. Використання передових технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту може значно підвищити потужність промислового середовища. Джерелом інформації, управління, моніторингу та оцінки якості в основному є датчики: контактні та безконтактні. Вважається за доцільне на кожному великому етапі виробництва йогурту реалізовувати часткову або повну автоматизацію процесу.

Запропоновано систему автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів. Для кожного ароматизатора є дві стрічки і коли одна стрічка зупиняється для розливу молочного продукту та ароматизатора, інша стрічка переміщує порожні або повністю заповнені пляшки від входу до наповнення або від наповнення до точок виходу відповідно. Коли порожня пляшка досягає точки наповнення, вона наповнюється необхідними об'ємами молочного продукту та ароматизатора, а потім повністю заповнена пляшка переміщується до точки виходу. Пропонується три лінії: лінія I – наповнювач чорниця, лінія II – наповнювач полуниця, лінія III – наповнювач ананас. Заповнення контролюється та управляється за допомогою програмованого логічного контролера.

Здійснено дослідження йогуртів на кислотність рН. Дослідження спрямоване на перевірку кислотності рН йогурта двома методами: електрохімічним та колOMETричним. Досліджувалися два зразка йогурту: зразок №1 – йогурт без наповнювача, зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем.

При застосуванні колOMETричного методу було отримано результати: зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,2 що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,65, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність. При застосуванні рН-метра для вимірювання кислотності 0.00-14рН було отримано результати: зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,4, зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,75. Результати отримані за допомогою рН-метра є більш точнішими, ніж результати отримані колOMETричним методом. Кореляція становить приблизно 0,02.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: йогурт, консистенція, смак, кислотність, автоматизація, розлив, ароматизатор, програмований логічний контролер, якість.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЙОГУРТУ	7
1.1 Інградієнти йогурту та його різновиди	7
1.2 Технологія виготовлення йогурту	10
1.3 Обладнання для контролю якості йогурту	15
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЙОГУРТІВ	21
2.1 Оптимізація технологічного процесу виготовлення йогурту	21
2.2 Система автоматизації розливу йогурту в пляшки	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1 Поживні властивості йогурту	33
3.2 Дослідження йогуртів на кислотність рН	34
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТКИ	44

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Буньков				Удосконалення процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко						5	1
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ		
Затверд.	Цвіркун					Кафедра ЗІДО		

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що йогурт – це кисломолочний продукт з консистенцією схожою на заварний крем, який відрізняє його від інших кисломолочних продуктів. Йогурт – це молочний продукт, який виробляється шляхом бактеріального бродіння молока. Він має кремову текстуру та гострий смак. Усі види йогурту відомі своєю користю для здоров'я та є джерелом білка, кальцію та пробіотики.

Мета та задачі дослідження. Удосконалення процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що використання передових технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту може значно підвищити потужність промислового середовища. Джерелом інформації, управління, моніторингу та оцінки якості в основному є датчики: контактні та безконтактні. Вважається за доцільне на кожному великому етапі виробництва йогурту реалізовувати часткову або повну автоматизацію процесу.

Запропоновано систему автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів. Для кожного ароматизатора є дві стрічки і коли одна стрічка зупиняється для розливу молочного продукту та ароматизатора, інша стрічка переміщує порожні або повністю заповнені пляшки від входу до наповнення або від наповнення до точок виходу відповідно. Коли порожня пляшка досягає точки наповнення, вона наповнюється необхідними об'ємами молочного продукту та ароматизатора, а потім повністю заповнена пляшка переміщується до точки виходу. Пропонується три лінії: лінія I – наповнювач чорниця, лінія II – наповнювач полуниця, лінія III – наповнювач ананас. Заповнення контролюється та управляється за допомогою програмованого логічного контролера.

Здійснено дослідження йогуртів на кислотність рН. Дослідження спрямоване на перевірку кислотності рН йогурта двома методами: електрохімічним та колOMETричним. Досліджувалися два зразки йогурту: зразок №1 – йогурт без наповнювача, зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем.

При застосуванні колOMETричного методу було отримано результати: зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,2 що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,65, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність. При застосуванні рН-метра для вимірювання кислотності 0.00-14рН було отримано результати: зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,4, зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,75. Результати отримані за допомогою рН-метра є більш точнішими, ніж результати отримані колOMETричним методом. Кореляція становить приблизно 0,02.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Буньков</i>			Удосконалення процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					6	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЙОГУРТУ

1.1 Інгрєдєнти йогурта та його різновиди

Йогурт – це кисломолочний продукт з консистенцією схожою на заварний крем, що відрізняє його від інших кисломолочних продуктів. Вважається, що йогурт виник у Месопотамії тисячі років тому. Докази показали, що близько 5000 р. до н.е. одомашнене козяче та овече молоко зберігалося в баштанних культурах у теплому кліматі та утворювало сир, який був ранньою формою йогурту, виробленого природною бактерією. Лише в останні 30-40 років йогурт став популярним у всьому світі [11]. Йогурт – це універсальний і смачний молочний продукт, який пропонує численні переваги для здоров'я. Завдяки своїй кремовій текстурі та гострому смаку йогурт став основним продуктом у багатьох домогосподарствах.

Кисломолочний продукт (йогурт) – виготовляють шляхом культивування одного або кількох молочних інгрєдєнтів, які містять бактерії, що продукують молочну кислоту. Усі інгрєдєнти, які використовують мають бути безпечні та придатні до споживання. Йогурт містить не менше 3,25% молочного жиру і не менше 8,25% сухого молока без жиру, кислотність не менше 0,9%. Розглянемо інгрєдєнти, що входять до складу йогурта [6].

1. Стабілізатори. Основною метою використання стабілізатора в йогурті є надання гладкості та гелевої структури, зменшення виділення сироватки. Стабілізатор збільшує термін зберігання і забезпечує однорідність продукту. Вони функціонують через їх здатність утворювати гелеві структури у воді, залишаючи таким чином менше вільної води для синерезису. Гарний стабілізатор не повинен йогурту надавати смаку, повинен бути ефективним при низьких значеннях кислотності рН і повинен легко диспергувати при звичайних робочих температурах на молочному заводі.

2. Підсолоджувачі. Сахароза є основним підсолоджувачем, яка використовується у виробництві йогурту. Рівень сахарози в йогуртовій суміші впливає на вироблення молочної кислоти та на сам смак йогуртової сировини. Сахарозу можна додавати в сухій, гранульованій, сипучій, кристалічній формі або у вигляді рідкого цукру, що містить 67% сахарози. Комерційні йогурти мають в середньому 4,06% лактози, 1,85% галактози, 0,05% глюкози та рН 4,40.

3. Фрукти для ароматизації йогурту. Фруктові препарати для змішування в йогурті спеціально розроблені відповідно до вимог різних видів йогуртів. Зазвичай вони присутні на рівні від 10 до 20% у кінцевій сировині. Більшість фруктів містять натуральні ароматизатори. Ароматизатори та барвники сертифіковані і їх, зазвичай, додають до фруктів у приготуванні йогурту для

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Буньков</i>				Удосконалення процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						7	14
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

покращення привабливості та кращого смаку. Фруктова основа повинна відповідати наступним вимогам:

- при змішуванні з йогуртом повинна мати справжній колір і смак фруктів;
- має легко диспергуватися в йогурті не викликаючи дефектів текстури, фази поділу, або синерезис;
- рівень рН фруктової основи має бути сумісним з рН йогурту;
- фрукти не повинні мати дріжджів і цвілі, щоб запобігти псуванню та продовжити термін зберігання.

Більш популярні фрукти – полуниця, малина, чорниця, персик, вишня, апельсин, лимони, яблуко, абрикос і ананас. Суміші цих фруктів також популярні. Фрукти, які використовуються для виготовлення йогуртової основи, можуть бути заморожені, консервовані, сушені або їх комбінації. Серед заморожених фруктів полуниця, малина, чорниця, яблуко, персик, апельсин, лимон, вишня, слива, ожина та журавлина. Консервовані фрукти ананаси, персик, мандарин, лимон, слива, вишня. Категорія сухофруктів включає абрикос, яблуко та чорнослив. Також до складу основи входять фруктові соки та сиропи. Цукор в основі фруктів використовується для захисту фруктового смаку від втрати через випаровування та окислення. Він також збалансовує смак фруктів і йогурту. Контроль рН основи важливий для збереження кольору плодів. Колір йогурту повинен відповідати кольору фруктів за інтенсивністю та відтінком.

На ринку інгредієнтів існує безліч фруктових наповнювачів, що застосовуються для виробництва йогуртів. Через величезний вплив фруктових наповнювачів на якість як у позитивному, так і в негативному сенсі, виробники фруктових добавок та молочних продуктів прагнуть до тісної співпраці для спільного забезпечення якості [1]. Для забезпечення конкурентоспроможності йогуртів виробники постійно працюють над розширенням асортиментного ряду та шукають нові смаки, які будуть привабливі для споживача. В даний час асортиментний ряд йогуртів представлений безліччю видів. Відмінності полягають у різноманітності заквасочних культур, виду молочної сировини та комбінації ключових складових, а також в індивідуальності технологій, які використовуються при виготовленні.

Різні види йогуртів, як правило, виробляються для задоволення найрізноманітніших споживчих уподобань у всьому світі. Йогуртові продукти можна класифікувати за способом виробництва, смаком і текстурою на такі типи:

- йогурт, який інкубується та охолоджується в кінцевих упаковках з желеподібною текстурою;
- перемішаний йогурт, який інкубується в резервуарах, а потім розбивається до остаточного згортання перед охолодженням, з густою кремовою текстурою;
- питний йогурт, який інкубується в резервуарах, а потім розбивається кінцевим коагулятом перед охолодженням з рідкою консистенцією;
- заморожений йогурт, інкубований у резервуарах, а потім залишений для заморожування, з текстурою морозива;

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- ароматизований йогурт, який містить високий відсоток цукрів та ароматизаторів зі структурою, подібною до перемішаного;
- концентрований йогурт, в якому видаляється вода з зернистою текстурою.

На сьогодні існує багато різновидів йогуртів [8]. Розглянемо найбільш популярні види сировини серед споживачів.

Звичайний йогурт є класичним і найбільш широко доступним видом. Його виготовляють шляхом сквашування молока специфічними штамми бактерій, такими як *Lactobacillus bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus*. Цей процес призводить до гладкої кремової текстури зі злегка гострим смаком. Звичайний йогурт є хорошим джерелом білка, кальцію та пробіотиків. Розглянемо типи йогуртів.

Грецький йогурт набув величезної популярності в останні роки. Його виготовляють шляхом проціджування звичайного йогурту, щоб видалити сироватку, в результаті чого виходить більш густа і кремова консистенція. Процес проціджування також зменшує вміст лактози, що робить його підходящим варіантом для людей з непереносимістю лактози. Грецький йогурт має більший вміст білка порівняно зі звичайним йогуртом і йому часто віддають перевагу ті, хто шукає більш ситний варіант.

Скир – це традиційний ісландський йогурт, який має схожість із грецьким йогуртом. Його виготовляють шляхом сквашування знежиреного молока специфічними бактеріальними культурами. Скир має густу кремову текстуру, схожу на грецький йогурт, але з трохи кислуватим смаком. Він відомий високим вмістом білка і його часто вживають із начинками, такими як мед або свіжі фрукти.

Йогуртові напої набули популярності як зручний і освіжаючий спосіб насолодитися йогуртом у дорозі. Це рідкі форми йогурту, які бувають різних смаків. Їх часто змішують з фруктовими соками, підсолоджувачами або іншими ароматизаторами. Йогуртові напої забезпечують ті ж поживні переваги, що і звичайні йогурти, але в портативній і легкоспоживаній формі.

Йогурт на рослинній основі. Для тих, хто дотримується веганського способу життя, має непереносимість лактози або має інші дієтичні обмеження, рослинний йогурт є чудовою альтернативою. Ці йогурти зазвичай виготовляються з соєвого, мигдального, кокосового або іншого рослинного молока. Їх ферментують бактеріальними культурами, щоб досягти кремоподібної текстури, схожої на молочний йогурт. Йогурти на рослинній основі мають різні смаки і можуть бути чудовим джерелом поживних речовин, таких як білок і кальцій.

Пробіотичний йогурт містить живі культури бактерій, які корисні для здоров'я кишечника. Ці культури, такі як штами *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*, підтримують травлення і зміцнюють імунну систему. Пробіотичні йогурти можна знайти в різних типах, включаючи звичайні, грецькі та рослинні варіанти. Вони забезпечують ті самі поживні переваги, що й їхні непробіотичні аналоги, а також додаткову перевагу сприяння здоровому мікробіому кишечника.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Для виробництва всіх видів йогуртів, зазвичай, використовуються два типи виробничих процесів: потоковий процес і процес періодичної дії. Потоковий процес використовується для створення продукту в безперервному процесі від сировини до кінцевого продукту [8]. Сучасні йогурти можуть мати різні найменування та національні особливості технології, але основні стадії технологічного процесу виробництва залишаються незмінними. Узагальнена схема процесу виробництва йогурту представлено рисунку 1.1.

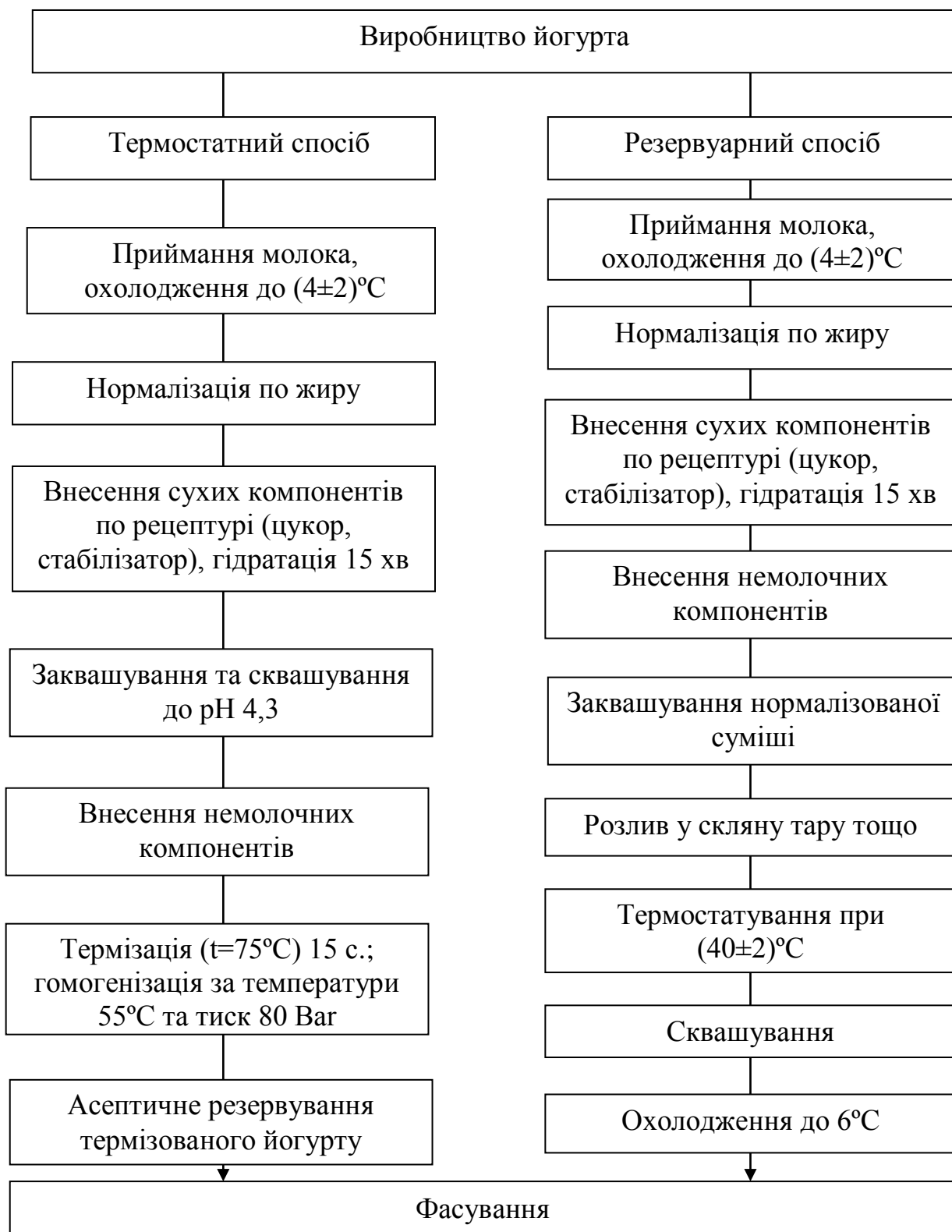


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема процесу виробництва йогурту [8]

1.2 Технологія виготовлення йогурту

Молоко та йогурт є важливими елементами раціону людини завдяки своїй високій поживній цінності та привабливим сенсорним властивостям. При переробці молока (гомогенізація, пастеризація) і подальшому виробництві йогурту (свашування) відбуваються фізико-хімічні зміни, що впливають на смак і текстуру цих продуктів, а розвиток стандартизованих процесів сприяє виробленню бажаних текстурних і смакових характеристик. Технологічну схему виробництва набірного йогурту наведено на рисунку 1.2.

Розглянемо технологію виготовлення йогурта.

1. Початкова обробка йогурту. Процес передбачає зменшення вмісту жиру та збільшення загальної кількості сухих речовин у молоці. Для відділення жиру від молока і зниження жирності використовується стандартизуючий освітлювач або сепаратор (центрифуга) [1, 2, 6]. Крім того, до знежиреного молока можна додати молочний жир для отримання бажаного рівня жирності. Залежно від виду йогурту кінцева жирність коливається від 1% до 10%. Кінцевий вміст жиру впливає на консистенцію і в'язкість йогурту.

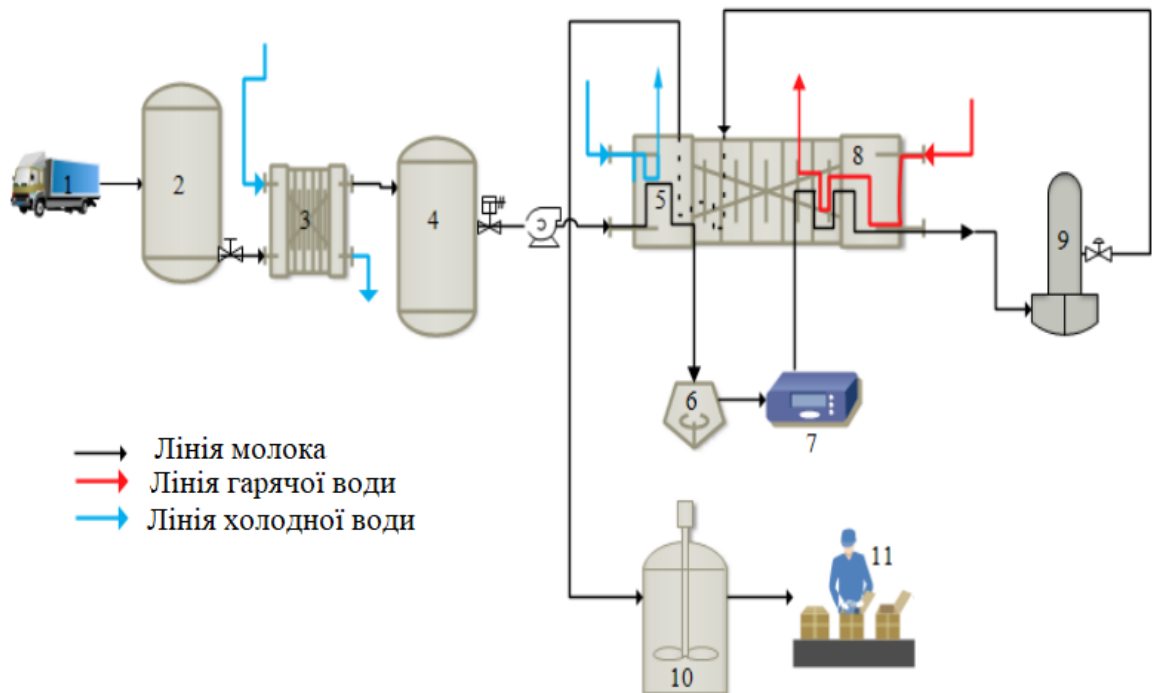


Рисунок 1.2 – Технологічна схема виробництва йогурту

На рисунку 1.2 позначено: 1 – транспортування, 2 – попередня обробка, 3 – охолодження, 4 – балансовий резервуар, 5 – секція попереднього нагрівання, 6 – сепарація, 7 – гомогенізація, 8 – секція пастеризації, 9 – трубка для витримки, 10 – ферментація, 11 – упаковки.

Жирність молока також впливає на швидкість бродіння. З сепаратора молоко поміщають в накопичувальну ємність. Потім його перевіряють на вміст жиру та сухих речовин. Вміст сухих речовин у молоці збільшується приблизно

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до 16%, причому, 11–14% з них припадає на сухі речовини-знежирювачі. Компоненти включають лактозу, білок і мінеральні речовини. Традиційно з молока випаровують трохи води, щоб збільшити вміст сухих речовин або додають концентроване молоко, сухе молоко, концентрат сироваткового білка або порошок казеїну для досягнення цієї мети.

Сьогодні для обробки стали використовувати технології ультрафільтрації і зворотного осмосу. Збільшення вмісту сухих речовин підвищує твердість йогурту та покращує його поживну цінність і стабільність, а також збільшується тривалість процесу бродіння. Після того, як тверді речовини регулюються, часто додають стабілізатори, такі як пектин і желатин, щоб збільшити об'єм і текстуру йогурту. Можна додавати підсолоджувачі для покращення смаку та привабливості для споживачів.

2. Пастеризація та гомогенізація. Пастеризація та гомогенізація є наступними етапами процесу отримання йогурту. Пастеризація дуже важлива, оскільки вона знищує мікроорганізми в молоці, які можуть перешкоджати процесу бродіння. Вона також денатурує сироваткові білки, що призводить до покращення текстури йогурту. Пастеризація сприяє вивільненню сполук у молоці та видаляє розчинений кисень, що стимулює ріст заквасок. Пастеризація може бути безперервним або періодичним процесом, за допомогою якого молоко нагрівається до високої температури протягом певного часу. Поширеним є нагрівання до 85–90,5°C протягом 30–60 хвилин. Безперервна пастеризація – процес високотемпературної короткочасної пастеризації, яка передбачає нагрівання молока. Виробництво йогуртів відбувається нагріванням сировини до 71,5°C і витримуючи молоко протягом мінімум 15 секунд перед охолодженням і зберіганням [2, 6]. Виробництво йогурту вимагає тривалого зберігання молока в порядку для денатурації сироваткових білків і, таким чином, покращення міцності гелю йогурту. Тому в йогурті виробниче молоко можна витримувати при 71°C протягом 30 хвилин або його можна нагріти до 90°C протягом 10 хвилин.

У процесі пастеризації холодне молоко надходить у балансовий резервуар із поплавковим клапаном. Мета резервуара балансу (також відомого як бак постійного рівня) полягає в підтримці постійного рівня молока в пластинчастому теплообміннику, оскільки пастеризатор повинен бути заповнений весь час, щоб продукт не пригорів на тарілках. Може бути встановлений резервуар балансу з електронним датчиком, який передає сигнал на вентиль відведення потоку. Якщо рівень в балансі резервуара опускається нижче певного рівня, і свіже молоко не надходить, щоб підняти рівень, електрод передає сигнал клапану переспрямування потоку на відкриття та повернення молока в систему до балансового резервуару [1, 2, 6]. Молоко перекачується з балансової ємності в пластинчастий теплообмінник. Регенеративний попередній підігрів є енергозберігаючий етап пастеризації. Холодне необроблене молоко підігрівається вихідним пастеризованим молоком. Холодне молоко попередньо нагрівається, а гаряче одночасно охолоджується. Секція регенерації розділена на дві частини. Холодне молоко попередньо підігрівають у першій секції регенерації, його відокремлюють і гомогенізують, а потім стандартизоване, гомогенізоване молоко надходить у

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

другу секцію регенерації де додатково нагрівається гарячим пастеризованим молоком.

Після цієї секції регенерації молоко надходить у секцію пастеризації де воно нагрівається до необхідної температури. Підігріте молоко виходить із нагрівальної секції та надходить у зовнішню камеру трубки. Датчик на виході з утримувальної трубки передає сигнал на монітор температури. Як тільки температура падає нижче заданого мінімального значення, монітор перемикає потік перекидного клапана на «відведений потік». У перенаправленому потоці гаряче молоко повертається для рівноваги у резервуар, оскільки воно не вважається пастеризованим.

Гаряче пастеризоване молоко надходить у секцію регенерації пастеризатор для нагрівання сирого молока, що надходить. Пастеризоване молоко в секції регенерації знаходиться охолодженим, віддаючи своє тепло холодному сирому молоку. Останнім етапом пастеризації є охолодження молока до температури нижче 4⁰С в секції охолодження. Охолодження досягається за допомогою охолодженої води як холодоагенту.

Гомогенізація – це процес зменшення розміру жирових кульок. Гомогенізація запобігає вершкуванню (відділення збагаченого жиром шару від водної фази). Гомогенізація піддає кульки молочного жиру суворим умовам, які порушують мембрану, що оточує глобули, розбиваючи їх на більш дрібні, більш рівномірно дисперсні частинки емульсії. Це дає більш гладкий і кремовий кінцевий продукт з більшою стабільністю. Зменшення розміру глобул досягається за рахунок поєднання турбулентності та кавітації. Апарат, в якому відбувається процес зменшення розміру частинок, називається гомогенізатором. Холодне молоко не можна гомогенізуватися ефективно, оскільки молочний жир залишається твердим. Тому гомогенізація найкраще відбувається при температурі вище 37⁰С. Іншою необхідністю ефективної гомогенізації є наявність білка [1, 2, 6]. Гомогенізація зазвичай здійснюється за допомогою гомогенізатора при високому тиску (рис. 1.3). Тиск гомогенізації, що зазвичай застосовується, коливається в межах 10-20 МПа. Молоко продавлюється через дрібні отвори під високим тиском, а жирові кульки розбиваються через зсув. Альтернативні методи гомогенізації включають обробку надвисоким тиском, ультразвук і мікрофлюїдизацію. Гомогенізація надвисокого тиску була впроваджена в комерційних цілях і виробляє більш тверді йогурти з більш високою водоутримуючою здатністю. Ультразвук високої інтенсивності генерує високий тиск, температуру та градієнти зсуву під час гомогенізації. Мікрофлюїдизація викликає гомогенізацію через зсув, турбулентність і кавітацію.

Результатом гомогенізації є менший розмір жирових кульок (запобігання утворенню крему), більш білий і більш апетитний колір, знижена чутливість до окислення жиру, більш насичений смак і смак відчувається краще. У кисломолочних продуктах також досягається краща стабільність. Гомогенізатори, машини високого тиску, в яких поршні створюють тиск. Молоко під тиском пропускають через вузьку діафрагму. Коли молоко під тиском виходить до атмосферного тиску, створюється кавітація, що призводить до того, що великі жирові кульки зменшуються у розмірі.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Гомогенізатор

3. Бродіння. Після пастеризації та гомогенізації молока охолоджують до 40–44⁰С і засівають молочнокислою культурою. На цьому етапі формується сир і розвиваються текстурні характеристики та смак йогурту. Щоб ферментований продукт став йогуртом він повинен містити два живих штами бактерій. Зазвичай використовуються співвідношення 1:1. Йогуртові закваски можуть містити інші мікроорганізми, які, як правило, додаються в концентрації близько 2%. Потім йогурт витримують при такій температурі протягом трьох-чотирьох годин, поки йде процес інкубації. За цей час лактоза зменшується, білки агрегуються, розвиваються смакові сполуки.

Залежно від типу йогурту, інокульоване молоко інкубується в гігієнічно закритій посудині з нержавіючої сталі для перемішування або в стерильних упаковках споживчого розміру для інкубації в середовищі з контрольованою температурою. Перемішаний йогурт заквашують насипом, а потім розливають в кінцеві споживчі упаковки. Під час процесу остаточний коагулюм розбивається шляхом перемішування перед охолодженням і упаковкою. В результаті текстура перемішаного йогурту менш тверда. Питний йогурт обробляється аналогічно розмішаному йогурту [2, 6, 8]. Грецький йогурт або концентрований йогурт обробляється так само, як і перемішаний йогурт. Після розпаду коагуляції грецький йогурт проціджують через фільтр. Процес проціджування відокремлює частину сироватки, в результаті чого виходить більш густий йогурт з високим вмістом білка. Йогурт можна сконцентрувати, викип'ятивши частину води під вакуумом або йогурт можна виготовити зі згущеного молока. Набір йогурту, відомий як французький йогурт, може бродити в ємності, в якій він продається і має тверду гелеву текстуру.

Рівень молочної кислоти (або рН) використовується для визначення того, коли йогурт готовий до охолодження, що часто досягається швидко за допомогою вибухового охолодження, щоб зупинити процес бродіння. Значення кислотності не менше 0,9% і рН близько 4,4 є поточними мінімальними стандартами для виробництва йогурту [6]. Щоб отримати йогурт з рН 4,0, процес охолодження повинен починатися коли ферментоване молоко досягне рН 4,3–4,4. Щоб продовжити термін зберігання продукту, йогурт можна піддати термічній обробці після завершення культивування, щоб знищити життєздатні мікроорганізми. Ароматизатори часто додають в охолоджений ферментований йогурт. Це називається йогуртом по-швейцарськи, а йогурт у

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

стилі пломбір можна отримати, додавши фрукти або фруктовий ароматизатор на дно споживчої упаковки.

4. Охолодження. Після того, як рН йогурту досягне відповідного рівня 4,7–4,3, йогурт охолоджують приблизно до 5⁰С. Це пригнічує ріст і метаболічну реакцію закваски і перешкоджає підвищенню кислотності. Охолодження йогурту може бути в одну або дві фази. Однофазне охолодження передбачає швидке зниження температури коагуляту до менш ніж 10⁰С, де процес бродіння гальмується, що призводить до йогурту з низькою в'язкістю. Двофазне охолодження ініціюється швидким зниженням температури до менш ніж 20⁰С, а потім поступовим досягненням температури зберігання 5⁰С, що призводить до йогурту з підвищеною в'язкістю та обмеженим синерезисом. Це досить поширене явище в процесі виробництва йогурту, особливо коли потрібно додати фрукти.

5. Пакування. Після ферментації молока його розливають для інкубації, як готовий йогурт. Після того, як пляшки для йогурту наповнені, вони, як правило, термозварюються за допомогою кришки з алюмінієвої фольги та поміщають у лотки. Потім лотки перекладають в інкубаційну кімнату при 42⁰С або розміщують на конвексній стрічці, яка повільно проходить через тунель, який працює при тій самій температурі з подальшим струйним охолодженням.

1.3 Обладнання для контролю якості йогурту

В даний час молочна промисловість оснащена широким спектром різноманітних сучасних методів аналізу сировини. Усі методи аналізу, що використовуються для вимірювання показників якості, безпеки та ідентифікаційних ознак молочної продукції умовно можна поділити на аналітичні та лабораторно інструментальні. Внаслідок виконання пробопідготовки або випробувань зразків, пов'язаних із проведенням певних маніпуляцій, передбачених тією чи іншою методикою, відбувається зміна їхньої структури та фізичного стану.

На великих молокопереробних підприємствах застосовують методи інфрачервоної Фур'є-спектроскопії. Принцип дії інфрачервоних аналізаторів заснований на властивості різних компонентів молока (жир, білок, лактоза та вода) вибірково поглинати. Для контролю білкового складу молока використання ІЧ аналізаторів пов'язано з деякими труднощами через відсутність прямого вимірювання параметрів масової частки загального білка. Для контролю білкового складу молочної сировини використовують метод вимірювання масової частки загального азоту по К'ельдалю та визначення масової частки білка [16, 17]. Цей метод є найбільш точним. Метод формального титрування прийнято вважати арбітражним методом визначення у молочній сировині загального азоту, основних компонентів білка (казеїну, загальну кількість сироваткових білків), небілкових сполук з подальшим перерахуванням азоту на загальний білок. Для вибору певного методу дослідження білка необхідно строго конкретизувати назву досліджуваного параметра.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Масову частку загального білка можна визначити із застосуванням ІЧ аналізатора (рис. 1.4). Принцип дії приладу заснований на вимірюванні інтенсивності інфрачервоного випромінювання. Аналізатор побудований на основі інфрачервоного Фур'є-спектрометра. До складу аналізатора входять спектрометричний блок зі скануючим інтерферометром Майкельсона, блок електроніки, комп'ютер та система подачі та гомогенізації зразків. Для підвищення стабільності роботи приладу в ньому застосовується внутрішня температурна стабілізація. У комплект аналізатора входить спеціалізоване програмне забезпечення, що містить базові градування фірми-виробника для визначення змісту визначених компонентів молока, різних молочних продуктів та соків. Аналізатори є лабораторні прилади з повністю автоматизованим процесом вимірювання та обробки результатів. Управління приладом здійснюється за допомогою персонального комп'ютера. Технічні характеристики аналізатора наведено в таблиці 1.1.



Рисунок 1.4 – ІЧ аналізатор MilkoScan FT 120

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики ІЧ аналізатора

Найменування показника	Граничні значення
Напруга живлення змінного струму, В	220 (-15%... 10%)
Вихідний інтерфейс	RS232C
Потужність, Вт, не більше	350
Габаритні розміри, мм, не більше	
– довжина	850
– ширина	430
– висота	380
Середній термін служби, років	8
Маса, кг, не більше	72
– діапазон температур навколишнього середовища, °C	10...35
– діапазон відносної вологості, %	20...80
– діапазон атмосферного тиску, кПа	84... 106

Важливими параметрами, що формують споживчий попит є органолептичні властивості готового продукту. Йогурти знаходяться в зоні підвищеного ризику за рахунок присутності у складі продукту комбінації різних інгредієнтів. Для об'єктивної оцінки яких є доцільним проведення

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

дегустації харчової сировини по всьому ланцюжку технологічного процесу. Проведення коректних випробувань досягається шляхом підбору методик, які здатні дати найбільш точну оцінку органолептичним властивостям готового продукту. Органолептичний аналіз виступає у ролі одного з ключових елементів у встановленні простежуваності. Здійснення запропонованих заходів не є можливим без проведення щоденних порівняльних дегустацій, регламентованих у виробничій схемі контролю підприємств.

До органолептичних параметрів готового продукту слід віднести його смак, консистенцію, текстуру і запах. Органолептичний аналіз – це оцінка здатності органів нюху людини реагувати на специфічні якості компонентів продукту, достовірність перевірки визначається не тільки вибором відповідного якісного або кількісного методу, а й індивідуальними здібностями дегустатора.

У виробництві продуктів йогуртів органолептична оцінка має важливе значення, тому, що відхилення від встановлених норм може призвести до зниження якості та конкурентоспроможності товару. Визначення ключових органолептичних параметрів (колір, консистенція, запах, смак та аромат) дозволяють здійснити контроль якості молочної сировини та готового продукту виробленого на його основі. До найбільшого показника якості, при промисловому виробництві йогуртів, слід віднести консистенцію. Цей параметр найбільш чітко здатний охарактеризувати властивості сировини на всіх стадіях технологічного процесу за допомогою методів визначення в'язкості. Продукт високої якості повинен мати в міру в'язку, однорідну консистенцію, без відділення сироватки. В'язкість є одним із найважливіших параметрів оцінки якості сировини [5]. Найчастіше для її контролю використовують віскозиметр. Віскозиметр – прилад, призначений для виконання реологічних вимірів, наведено на рисунку 1.5.

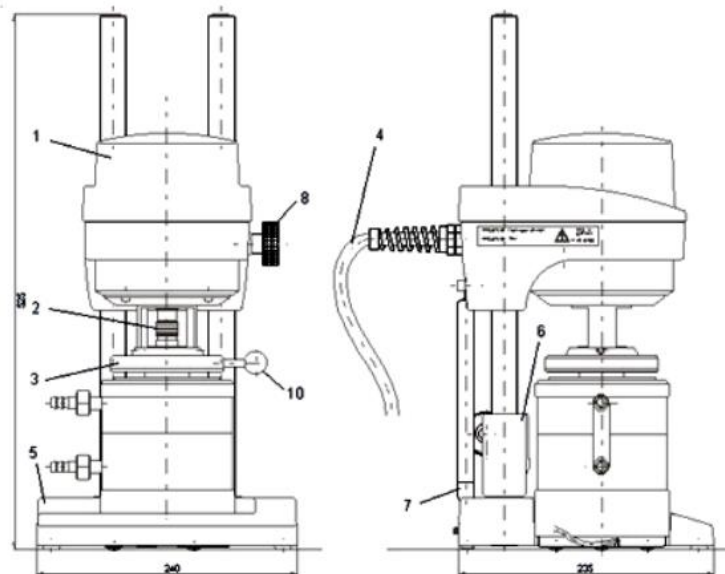


Рисунок 1.5 – Ротаційний віскозиметр

Віскозиметр складається з електроприводу – 1, цангового затвору – 2 для фіксації вимірювального осередку – 3, комунікаційного кабелю – 4, несучої

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

стійки – 5 з напрямною штангою – 6, опорної плити – 7, пристрою для вертикального переміщення ротора – 8, механічного затвора – 10.

Визначення параметрів в'язкості здійснюється за допомогою віскозиметрів різного типу, робота яких ґрунтується на принципах віскозиметрії, що належить до методів інженерної реології. У лабораторно-інструментальній практиці широко застосовуються ротаційні віскозиметри. Технічні характеристики ротаційного віскозиметра наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики ротаційного віскозиметра RHEOTEST RN 4.1 SE

Характеристика	Діапазон
Обертальний момент	від 0,1 до 150 мН м
Роздільна здатність по крутному моменту	0,01 мН м
Число обертів	від 0 до 1000 об/хв
Роздільна здатність за кількістю обертів	0,01 об/хв
Діапазон температур	-60...+2000С
Напруга живлення	230 В, 49... 61 Гц
Ємність пристрою	10 програм, кожна максимально з 22 окремими тестами
	10 файлів з результатами вимірювань, кожен максимально зі 175 наборами даних (пар значень)

Їхня популярність пояснюється технічними можливостями приладу, а також наявністю різних методів контролю, що дозволяють використовувати комплектуючі приладу для контролю рідких середовищ, таких як йогурти, десерти та інші кисломолочні продукти. Визначення структурно-механічних параметрів готового продукту також можна проводити за допомогою віскозиметра ВЗ-246, який застосовується для визначення низьков'язких (питних) кисломолочних продуктів.

Представлені методи контролю консистенції дозволяють оцінювати механічні властивості молочної сировини та готової продукції через конкретні числові величини, математична обробка яких структурує досліджувані органолептичні властивості у систему, яка представлена у вигляді графіків, діаграм та перехресних залежностей, за допомогою яких встановлюються критерії простежуваності якості сировини.

Щільність, в'язкість, показники консистенції потребують чіткого контролю протягом всієї низки технологічного процесу. Вибір відповідного обладнання та методів контролю дозволяють повною мірою виконати ці завдання. Слід враховувати, що механічний вплив на сировину в процесі змішування охолодженої основи з фруктовим-ягідним наповнювачем призводить до порушення цілісності консистенції. На швидкість відновлення його

структури впливають різні фізико-хімічні та технологічні фактори. Коректне проведення сенсорної оцінки продукту є запорукою виробництва якісних кисломолочних продуктів.

Важливими параметрами якості також є колір, кислотність, кількість фруктів та цукру в йогурті. Вони залежать від цукру і дозування фруктової добавки, що визначає, наприклад, смак йогурту. Необхідна кількість цукру в рецептурі фруктової добавки розраховується з урахуванням вмісту цукру в плодово-ягідній частині [16, 17]. Визначення лактози можна проводити за допомогою універсального сахариметра СУ-5 (рис. 1.6). В основу принципу дії сахариметра покладено поляриметричний метод, що базується на здатності оптично активних розчинів сахарози обертати площину поляризації. Кут обертання площини поляризації променя світла в обсязі розчину певної товщини пропорційний концентрації розчину та вимірюється у градусах міжнародної цукрової шкали «S». Технічні характеристики аналізатора представлені в таблиці 1.3.



Рисунок 1.6 – Сахариметр універсальний СУ-5

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики сахариметра СУ-5

Найменування показника	Граничні значення
Діапазон вимірювань сахариметром кута обертання площини поляризації при довжині хвилі $\lambda=589,3$ нм, °S	-40 до +130
Межі абсолютної, що допускається похибки, °S	$\pm 0,05$
Ціна поділу шкали, °S	0,05
Діапазон робочих температур, °C	10 - 35
Шкала сахариметра має бути наведена до температури, °C	20
Діапазон діоптрійного наведення окуляра зорової трубки сахариметра	-5,0 - 5,0 діоптрій
Електроживлення приладу здійснюється від мережі однофазного змінного струму: - напругою, В - при частоті, Гц	220 50 \pm 1
Споживана потужність не перевищує, Вт	25

Крім в'язкості важливим показником є колір. Недостатня ефективність колірних показників йогурту може негативно вплинути на споживчі переваги продукту. Частіше всього інтенсивність забарвлення достатня для забезпечення кольору, характерного для даної групи товарів. Для підтвердження інтенсивності кольору використовують спеціально промарковані шкали різних відтінків, кожен з яких відповідає певному виду, що дозволяє гарантувати візуальний збіг кольору різних постачальників.

Значення активної кислотності рН також є важливою фізичною величиною, яка, наприклад, значною мірою визначає початок процесу бродіння йогурту. Оскільки значення рН для фруктів сильно коливається, в залежності від їх сорту та стиглості, то значення рН потрібно регулювати за допомогою лимонної чи оцтової кислот [7, 12]. Також у процесі контролю якості йогуртів необхідно визначати кислотність, яка у перерахунку на лимонну кислоту дозволяє об'єктивно оцінити аналогічні показники в готовому продукті, наочно відобразивши зсув кислотності у той чи інший бік.

Якщо не враховувати хіміко-фізичні властивості сировини, яка додається, то можна отримати дефект якості. При недотриманні бактеріологічних значень буде виготовлено непридатний для технологічного використання напівфабрикат, заражений сторонньою мікрофлорою (дріжджі або пліснява), що викликає в йогурті не відповідну консистенцію та загальне псування продукту. Тому організацію контролю за показниками безпеки під час виготовлення, переробки та фасування йогурту необхідно надавати дуже великого значення.

На основі вище зазначеного можна вважати, що йогурт – це кисломолочний продукт з консистенцією схожою на заварний крем, що відрізняє його від інших кисломолочних продуктів. Кисломолочний продукт (йогурт) – виготовляють шляхом культивування одного або кількох молочних інгредієнтів, які містять бактерії, що продукують молочну кислоту.

Розглянуто основні інгредієнти та види йогуртів. Етапи виготовлення йогурту включають гомогенізацію, пастеризацію та охолодження молока до температури інкубації перед додаванням закваски. Процес ферментації починається з додавання живих штамів бактерій при оптимальній температурі. Зниження рН за рахунок утворення молочної кислоти контролюється до тих пір, поки не буде досягнуто бажаного рівня кислотності рН, заздалегідь визначеного виробником (нижче 4,6 одиниць рН). Потім його частково охолоджують (нижче 20°C), а надалі додають фрукти або ароматичні інгредієнти відповідно до рецептури. Йогуртову сировину переміщують в холодильне сховище, що знижує подальший розвиток кислоти.

Зазначено, що щільність, в'язкість, консистенція, колір, смак, запах є основними показниками якості йогурта. Розглянуто обладнання для контролю якості сировини.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЙОГУРТІВ

2.1 Оптимізація технологічного процесу виготовлення йогурту

Використання передових технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту може значно підвищити потужність промислового середовища. Інтелектуальні виробничі системи в молочній промисловості охоплюють кілька видів діяльності, таких як обробка сировини, завантаження, розвантаження, розлив, зберігання, моніторинг і контроль [16]. Моніторинг системи полягає в отриманні точних даних з датчиків дистанційно та передачі їх у систему керування. Прогрес у сенсорних технологіях має потенціал для збору, аналізу та використання інформації про виготовлення на замовлення продуктів за короткий час з високою точністю. Виробнича лінія оцифрована за допомогою датчиків, які керують робочим та операційним процесом. Датчики генерують значну кількість даних і це може бути досягнуто шляхом збору різного роду даних про виробничі процеси і відправки цих даних для аналітики і прогнозування або на периферійний пристрій для отримання даних в реальному часі.

Молочний сектор складається з різних технологічних процесів, які є дуже складними та вимагають ретельного та якісного їх виконання. Тому дуже важливо використовувати сучасні засоби автоматизації та наскрізні інженерні рішення для підвищення ефективності та постійного виконання складних стандартів, оптимального використання ресурсів задля досягнення конкурентоспроможного продукту на споживчому ринку. Молочна сировина повинна відповідати все більш високим вимогам до якості та безпеки, застосовуючи нові технології для підвищення своєї конкурентоспроможності в цьому секторі.

Виробництво йогурту характеризується зростаючою складністю автоматизованих систем, що використовуються для вимірювання, контролю та оцінки якості продукції на різних етапах її виробництва. У сучасних системах управління виробництвом необхідно посилити вплив інтегрованих комп'ютерних технологій із застосуванням засобів автоматизації, що пов'язані із зберіганням і реалізацією молочної сировини, зокрема йогурту та вимагає розвитку таких напрямів діяльності [13]:

– застосування інформаційних, експертних та інтелектуальних систем і технологій в молочній промисловості;

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Буньков</i>			Удосконалення процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					21	12
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

– автоматизація виробничих процесів за рахунок використання передових технологій, методів і технічних засобів промислової автоматизації, сучасних досягнень в області теорії управління, управління технічними системами зі штучним інтелектом – технологією комп’ютерного зору для виявлення і визначення технічних параметрів, пов’язаних з виробництвом і оцінкою якості йогурту;

– удосконалення взаємодії людино-машинної системи;

– удосконалення режимів роботи технологічного обладнання задіяного у виробництві йогурту.

– забезпечення якості і дотримання меж безпеки, як з точки зору експлуатаційних витрат на технологічне обладнання так і впливу на навколишнє середовище.

– інтенсифікація споживчого попиту шляхом розробки нових продуктів та операцій, пов’язаних з їх створенням.

Традиційний процес виготовлення йогурту представлено на рисунку 2.1. Основними процесами виробництва йогурту є [14]:

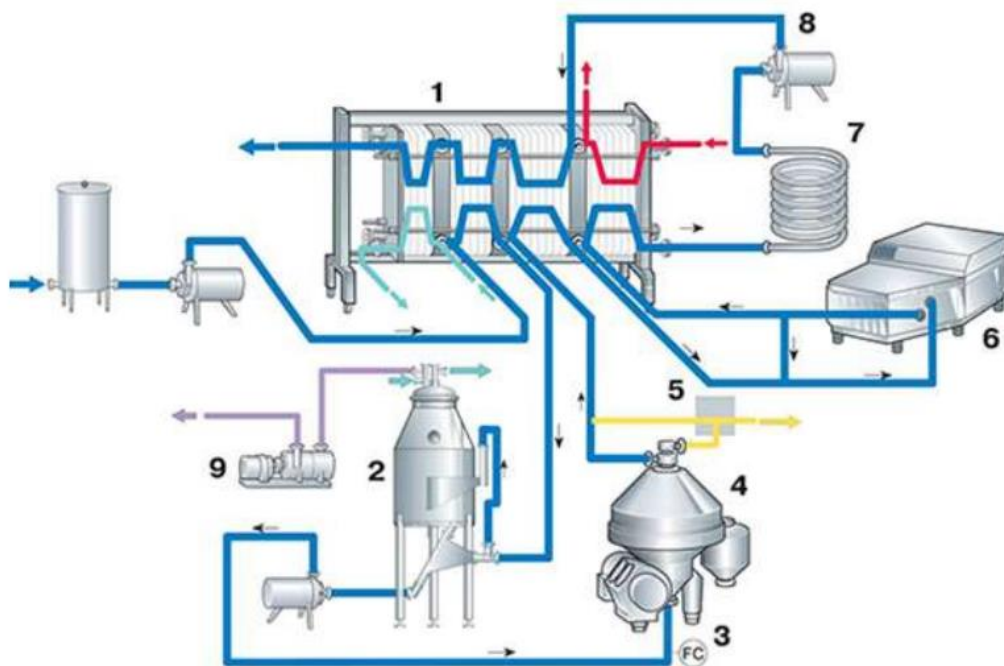


Рисунок 2.1 – Традиційний процес виготовлення йогурту

На рисунку 2.1 позначено: 1 – пастеризатор, 2 – деаератор, 3 – регулятор потоку, 4 – сепаратор, 5 – пристрій для нормалізації молока, 6 – гомогенізатор, 7 – труба для витримки, 8 – насос, 9 – вакуумний насос.

1. Гомогенізація і термічна обробка. Використовуване молоко попередньо обробляється відповідно до вимог для виробництва продукту, піддається стандартизації з метою забезпечення певного вмісту жиру. Незалежно від того, чи це йогурт з подрібненим коагулятом питний або інші ферментовані продукти, такі як сметана, вершки, йогурт основний процес однаковий. Молоко доводять до необхідної жирності для потрібного кінцевого продукту. Після гомогенізації і пастеризації в молоко додають специфічну для продукту

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

бактеріальну культуру і інкубують. Після стандартизації молоко надходить на гомогенізатор, де великі жирові кульки відокремлюються на кульки меншого діаметру. Як наслідок, зменшується як кремоподібний ефект молочного жиру, так і схильність жирових кульок до злиття або злипання. Фаза гомогенізації сприяє:

- більшому та привабливішому кольору йогурту;
- покращенню консистенції та підвищенню в'язкості молока.

Після гомогенізації молоко нагрівають протягом короткого проміжку часу, щоб усунути хвороботворні мікроорганізми та інші небажані мікроорганізми.

2. Ферментація і додавання культури. Термічно оброблене молоко доставляється в багатофункціональні бродильні ємності куди для інкубації додають суміші. Час бродіння залежить від температури, виду кінцевого продукту та концентрації заквасок у суміші. Тому час бродіння може істотно відрізнятись. Йогурт ферментується після етапу упаковки на відміну від інших видів йогурту (перемішаний, фруктовий тощо).

3. Пакування та додавання ароматизаторів. Ароматизатори, такі як сиропи або шматочки фруктів, можна додати в йогурт після його приготування і охолоджують за допомогою міксера. Це дає змогу більш чітко розподілити смаки і покращити текстуру. Деякі ароматизатори також можна додати до суміші молока та культури перед її інкубацією для з'єднання з йогуртовою сумішшю. Йогурт пакують в різні контейнери, включаючи пластикові стаканчики, скляні банки або більші контейнери. Здійснюється процес на паралельних пакувальних лініях, які можуть обробляти різні типи йогуртової продукції з різними варіантами упаковки.

4. Холодильне зберігання та контроль якості. Як тільки продукт досягає оптимального значення рН його охолоджують та при необхідності додають фрукти і виконують розливку в стерильних умовах, щоб уникнути забруднення продукції. Продукція після фасування поміщається в охолоджуючі ємності для зберігання при температурі нижче 10⁰С, де закваски демонструють обмежений ріст. Зазвичай потрібен період охолодження 2-5 днів, щоб досягти остаточної стабільності коагуляції та зберегти високу якість кінцевого продукту. На цьому етапі також здійснюється контроль якості.

Відповідно, доцільно на кожному великому етапі виробництва йогурту реалізовувати часткову або повну автоматизацію процесу.

Основні фізичні, мікробіологічні та біохімічні властивості йогурту, що беруть участь в його виробництві, являють собою складні біологічні системи, властивості яких безпосередньо пов'язані з якістю і безпекою на різних етапах виробництва кінцевого продукту в цілому. Наприклад, вони можуть включати фізико-хімічні параметри, пов'язані з якістю, як вміст поживних речовин, текстура, колір, реологія або мікробіологічні характеристики, які безпосередньо впливають на безпеку продукту і сировини, з якого він виробляється. На рисунку 2.2 представлено параметричну схему процесу оптимізації технологічного процесу виготовлення йогурту.

Ядром процесу оптимізації виготовлення йогурту є технологічні операції, які входять до складу технологічного процесу: обробка, гомогенізація,

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

пастеризація, ферментація, розлив, пакування, зберігання. Для здійснення оптимізації технологічного процесу виготовлення йогурту необхідно:

- врахування фізичних, мікробіологічних та біохімічних властивостей сировини, що бере участь у виробництві йогурту;
- застосування засобів автоматизації;
- здійснення контрольовано-вимірювальних операцій задля вимірювання основних показників технологічного процесу: температури, часу, тиску, вологості тощо;
- моніторинг: отримання точних даних з датчиків для оцінки якості йогурту.



Рисунок 2.2 – Оптимізація технологічного процесу виготовлення йогурту

Фізичні характерні параметри для технологічного процесу, такі як температура, вологість, тиск, якісний і кількісний склад молочної сировини, що виявляються різними датчиками по відношенню до вхідного сигналу можуть сприяти оптимізації технологічного процесу виготовлення йогурту. Застосування комунікаційних систем при виробництві йогурту мають такі переваги [13]:

- поліпшену передачу даних у всіх виробничих системах децентралізованим способом;
- інтеграцію даних в управлінні вищого рівня, а також сприяє оптимізації схем управління та інформаційних систем для поліпшення виробництва;
- задокументовані виробничі процеси та обладнання на кожному етапі;
- зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Методи, які засновані на комп'ютерних процедурах мають переваги та потенціал для економічного зростання виробництва йогурту. Засоби машинного зору сприяють своєчасному попередженню про збої у виробничому обладнанні та забезпечують вчасне обслуговування виробничих систем, що забезпечить

підвищення енергоефективності, автоматичного обліку інформації щодо процесу та своєчасного усуненню технічних несправностей [13, 14, 16]. Спільне використання комп'ютерних, комунікаційних, керуючих і вимірювальних систем є кроком до удосконалення технології виробництва йогурту. Процес виробництва йогурту можна розглядати як систему з його компонентами та факторами, що діють на датчики. Кожен окремий параметр впливає на датчик, який чутливий до нього і при цьому може впливати на систему.

В якості основного джерела отримання інформації про стан керованих об'єктів використовуються датчики. Вони є елементами систем управління, які перетворюють керовану змінну, задіяну на різних етапах виробництва йогурту – температуру, тиск, вологість, витрати сировини в сигнал придатний для вимірювання, зберігання та подальшої обробки. Сигнал від датчика може бути збережений для аналізу та порівняльного аналізу. Дані отримані з датчиків при виробництві йогурту використовуються для:

- створення, вилучення, фільтрації, сортування, систематизації інформації по вертикалі і горизонталі на всіх організаційних рівнях;
- паралельної обробки сигналів, даних щодо підтримки прийняття рішень;
- управління інформацією, саме ресурси – бази даних;
- забезпечення візуалізації та споживання інформації;
- моніторинг, діагностика і контроль роботи датчиків та інших джерел інформації.

Типи датчиків дуже різноманітні, які спроможні опрацьовувати багато змінних одночасно. Це призводить до зміни підходу до генерації набору даних з датчиків. Одним із завдань в роботі датчиків є звірка даних, отриманих з декількох апаратних джерел, в яких можуть бути згенеровані віртуальні індикації нових характеристик [13, 16]. Програмні датчики не реалізуються апаратно, вони отримують дані з одного або декількох апаратних датчиків і на основі власних значень видають результат. Такі датчики також носять назви «комполітні», «віртуальні», «синтетичні».

Сенсорна технологія використовується для оцінки якості йогурту та забезпечує аналіз кожного етапу виробничого циклу – від виробництва молока, проходження кожного етапу виробництва йогурту до оцінки кінцевого продукту і звітності про потреби споживачів. Було розроблено різні типи сенсорів для тестування переважно фізико-хімічних та органолептичних властивостей йогурту. Існують датчики для кількісного визначення різних видів бактерій. Їх застосовують для виявлення присутності мікроорганізмів у продукті. Кисломолочні продукти відносяться до групи з великим асортиментом, так як складаються з різних видів йогуртів, які виготовляються різними способами з широким спектром технік бродіння заквасок і добавок. Дане різноманіття є обов'язковою умовою для пошуку і вивчення аналітичних і технічних методів швидкого визначення виду продукції і оцінки її якості.

Електронний язик і електронний ніс застосовуються для аналізу зорових, спектральних і гіперспектральних характеристик. П'єзометричні датчики використовуються при оцінці якості молока і молочної сировини. Ці методики використовуються для оцінки свіжості продукту, визначення терміну

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

придатності [13, 15]. Використання технічних систем, які є предметом сучасних досліджень, не можна розглядати як альтернативу існуючим методам аналізу йогуртів та інших молочних продуктів, таким як органолептиката, хімічний та мікробіологічний аналіз. Вони не високоточні, але придатні для сигналізації про виниклу ситуацію, пов'язану з безпекою харчових продуктів, шляхом виявлення продукту з терміном придатності, виникнення мікробіологічного псування внаслідок неправильного зберігання і транспортування, запобігаючи поширенню такої продукції. У таблиці 2.1 представлено види датчиків і методи вимірювання, що використовуються при оцінці якості йогурту. Деякі з методів є контактними, а інші використовуються без прямого фізичного впливу на виріб.

Таблиця 2.1 – Датчики для аналізу якості йогурту

Типи датчиків	Вимірювальний параметр	Характеристика
Струмопровідний електрод	Провідність	Контактний метод
Газові	Опір, частота	Електронний ніс – безконтактний метод, при якому використовуються полімерні або резистивні чутливі елементи
Біосенсорні	Опір, частота	Електронний язик – контактний метод з селективними електродами
pH	Кислотність	pH-метр – контактний метод
В'язучі	Струм двигуна, час витоку	Віскозиметр – контактний спосіб
Проникненні в середовище	Пенетрометр	Контактний метод – вимірювання сили проникнення чутливого елемента у виріб
Оптичні	ІЧ-випромінювання, лазерні	Спектрофотометри, колориметри для пропускання або відбиття
Ультразвукові	Амплітуда, частота	Безконтактний спосіб з пропусканням або відображенням

Контактні методи мають істотний недолік, який полягає в тому, що в сировину можуть бути занесені мікроорганізми з навколишнього середовища шляхом занурення вимірювального зонда. Наприклад, деякі типи електронних язиків використовують датчики, які вимірюють ступінь хімічної реакції між хімічною речовиною і продуктом для виявлення наявності шкідливого для людини токсичного елемента [15]. Зазначені недоліки контактних методів

вимірювання є передумовою для пошуку відповідних безконтактних методів оцінки ключових показників якості йогурту. Такими є оптичні, газові, ультразвукові датчики.

Датчики газу підходять для оцінки якості сирого молока, як сировини для виробництва йогурту. При молочнокислому бродінні не виділяються ароматичні речовини і цей тип датчиків не підходить. Їх можна застосовувати при приготуванні функціональних харчових продуктів з йогуртом, оскільки продукти, що використовуються як добавки, можуть виділяти смакові речовини шляхом бродіння. Відеодатчики підходять в основному для оцінки молока і при підготовці функціональних харчових продуктів та здійснення мікробіологічного аналізу при мікроскопічних дослідженнях. Більш універсальними, ніж інші методи, є оптичні та ультразвукові датчики, які застосовуються для оцінки якості йогурту на всіх етапах виробництва, а також під час приймання сирого молока, пастеризації, ферментації, контролю і зберігання.

На основі вище зазначеного, можна вважати, що використання передових технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту може значно підвищити потужність промислового середовища. Інтелектуальні виробничі системи в молочній промисловості охоплюють кілька видів діяльності, таких як обробка сировини, завантаження, розвантаження, розлив, зберігання, моніторинг і контроль. У виробництві йогуртів використовують інформаційні системи та спеціалізовані мікропроцесорні системи для збору, зберігання, візуалізації, аналізу даних для реалізації управління виробничим циклом. Джерелом інформації, управління, моніторингу та оцінки якості в основному є датчики: контактні та безконтактні. Контактні методи мають істотний недолік, який полягає в тому, що в сировину можуть бути занесені мікроорганізми з навколишнього середовища шляхом занурення вимірювального зонда. Аналіз показав, що використовуються як контактні, так і безконтактні методи вимірювання, проте перевага віддається оптичним та ультразвуковим датчикам.

2.2 Система автоматизації розливу йогурту в пляшки

Молочна промисловість вважається однією з найбільш динамічних галузей харчової промисловості у світі. Одним з найспоживчих продуктів є йогурт. Існує безліч видів йогурту, які задовольняють індивідуальні потреби та вподобання споживачів. Йогуртова продукція класифікується за різними категоріями на основі різних факторів, включаючи тип використовуваного молока, вміст жиру, процес виробництва, смак, наявність пробіотиків і рівень цукру [17]. У якості молока йогурти можуть використовувати коров'яче, козяче, овече або інші види молока. Виходячи з вмісту жиру йогурти можна класифікувати як цілісні або знежирені. Їх також можна класифікувати за наявністю підсолоджувача або його відсутності, з додаванням або без додавання пробіотиків. Йогурт також можна ароматизувати фруктами або іншими інгредієнтами. Вищезгадані фактори впливають на калорійність продукту, його текстуру, консистенцію, смак та загальну харчову цінність.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найважливіша класифікація йогуртів заснована на використовуваному способі виробництва. За цим критерієм існує два типи йогурту: йогурт для набору та отриманий шляхом перемішування. Для виробництва твердого йогурту підігрите молоко та культуральну суміш розливають в окремі ємності, такі як пластикові стаканчики або скляні банки і залишають бродити та утворювати твердий, однорідний продукт. Для отримання перемішаного йогурту суміш молока та культуральну суміш поміщають у великий резервуар і безперервно помішують протягом 2-4 годин, поки вона бродить і досягає бажаної консистенції [14, 15]. Існують також деякі інші види, такі як грецький йогурт, кефір і заморожений йогурт. Для виробництва кожного окремого виду йогурту використовуються незначні модифікації основного виробничого процесу. Однією з головних особливостей періодичних процесів є те, що з декількох вихідних рецептур продуктів виробляється велика кількість продуктів. У процесі виробництва йогуртів кінцева продукція може відрізнитися принаймні за однією з наступних ознак:

- тип рецепта ферментації;
- загальна вага;
- маркування;
- смак;
- тип пакувальної тари (матеріал, форма тощо).

У світі виробляється багато різних видів йогуртів. Всі види йогуртової продукції можна розділити на чотири категорії виходячи з фізичних характеристик продукту:

- йогурти (рідка/в'язка фаза);
- концентровані/проціджені йогурти (напівтверда фаза);
- заморожені йогурти (тверда фаза);
- сухі йогурти (порошкова фаза).

Обладнання для виготовлення концентрованого та замороженого йогурту представлено на рисунку 2.2 та 2.3. Йогурти поділяється на різні групи на основі законодавчих стандартів класифікації продукту на основі хімічного складу або вмісту жиру (повний, напівзнежирений/середній або знежирений/знежирений) та фізичної складової.

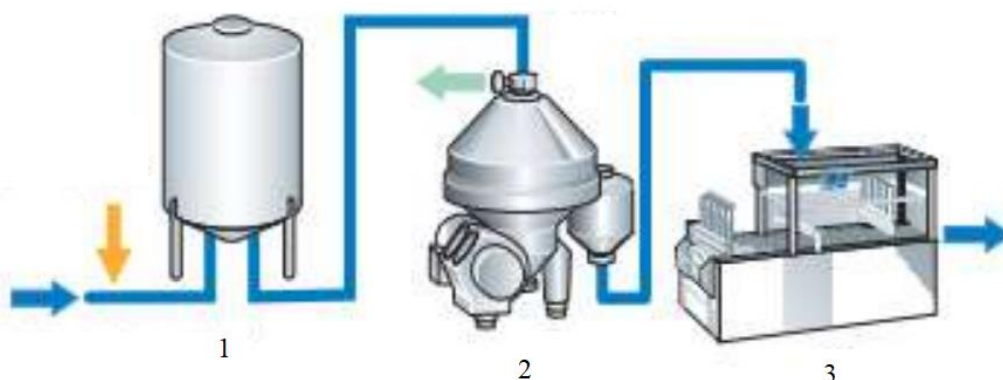


Рисунок 2.2 – Концентрований йогурт (напівтверда фаза)

На рисунку 2.2 позначено: 1 – танк для сквашування, 2 – сепаратор, 3 – наповнювач стаканчиків.

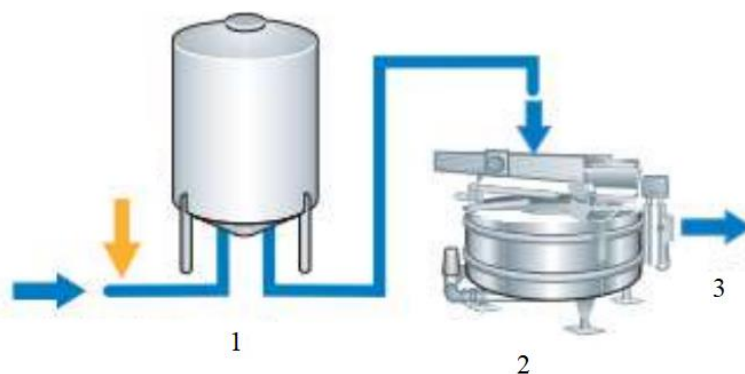


Рисунок 2.3 – Заморожений йогурт (тверда фаза)

На рисунку 2.3 позначено: 1 – танк для сквашування, 2 – фризер для брикетного морозива, 3 – тунельне заморожування.

Ароматизатори, такі як сиропи або шматочки фруктів, можна додавати в йогурт після того, як він був загущений і охолоджений за допомогою міксера. Це забезпечує більш чітке нашарування смаків і кращу текстуру. Деякі ароматизатори також можна додавати до суміші молока та культури перед її інкубацією з йогуртовою сумішшю. Йогурт упаковується в різноманітні контейнери, включаючи пластикові стаканчики, скляні банки або більші контейнери. Це здійснюється за допомогою паралельних пакувальних ліній, які можуть обробляти різні типи йогуртових продуктів і варіанти упаковки. У процесі пакування ємності наповнюються бажаним йогуртом, закупорюються та маркуються інформацією про продукт, що вимагається законодавством.

Оптимізації потребує розливна машина для йогурту на етапі безперервного пакування, оскільки це є основним вузьким місцем виробництва йогурта. Продукти з подібними характеристиками розглядаються як група, яка називається сімейством продуктів, що призводить до простішої задачі з нижчими обчислювальними вимогами. Продукція однієї сім'ї обов'язково походить з однієї рецептури, вимагає однакових ресурсів і не вимагає дій з переналагодження при послідовному виробництві [17]. І навпаки, для послідовного виробництва двох виробів, що належать до різних сімейств, необхідно включати в фасувальну лінію процеси очищення і стерилізації. Важливо зазначити, що, хоча продукти з одного сімейства мають багато спільних рис, вони все одно можуть мати відмінності з точки зору швидкості обробки, потужності, термінів і витрат.

Основні проблеми пов'язані з розподілом, послідовністю і часовими обмеженнями. Існує безліч резервуарів для бродіння для приготування йогурту і кожен з них може жити більше однієї фасувальної лінії, що забезпечує гнучкість виробничого процесу. Проміжні ємності для зберігання не потрібні, оскільки йогуртова суміш може тимчасово зберігатися в бродильних ємностях до 24 год. Однак, кожна пакувальна лінія може обробляти лише конкретні кінцеві продукти, по одному за раз, таким чином обмежуючи гнучкість, яку

забезпечують резервуари. Пакувальні лінії повинні бути очищені між обробкою двох різних сімейств продукції; таким чином, необхідний послідовно-залежний час переходу. Незалежний від послідовності час налаштування машин також відбувається перед пакуванням кожного сімейства продуктів.

Відповідно, необхідно здійснювати розлив пляшок разом з конвеєрною системою з використанням засобів автоматизації, а саме програмованого логічного контролера, що здійснює контроль і управління часом, а також швидкістю роботи системи. Основна мета – досягнення більшої ефективності та гнучкості, оскільки ці фактори є надійними, а також необхідними в таких галузях, як харчова промисловість [18]. Програмований логічний контролер має такі функції, як керування виробничим процесом і обладнанням у різних галузях промисловості – «мозок систем автоматизації», які розроблені та впроваджені в різних сферах промисловості для можливості керування об'єктами в реальному часі, а тому використовується для одночасного керування різними процесами. Ці системи виконують безліч послуг, таких як надання різних аналогових і цифрових інтерфейсів введення-виведення, обробка сигналу, перетворення даних тощо.

Наповнення – це процес під час якого машина упаковує рідкі продукти, такі як вода, прохолодні напої тощо. Цей метод включає в себе розміщення пляшок на конвеєрній стрічці і наповнення однієї пляшки протягом заданого часу. Розлив сировини в пляшки є ключовим етапом і починається з того, що пляшки тримаються на верхній частині конвеєрної стрічки. Заповнення контролюється та управляється за допомогою програмованого логічного контролера.

Конфігурація машини для розливу молочних продуктів використовується для наповнення пляшок молочними продуктами та ароматизаторами. Попит споживачів може становити мінімум 0,25 л або максимум 1,5 л молочного продукту змішаного з ароматизатором. Для кожного виду йогурту використовуються окремі ємності в машині. З будь-яким типом молочного продукту пропонується змішувати три різні смаки, включаючи ароматизатор 1, ароматизатор 2 і ароматизатор 3. Вимоги клієнтів можуть стосуватися будь-якого типу молочних продуктів, змішаних з будь-яким із трьох смаків, які можуть бути надані споживачам за допомогою автоматичної фасувальної машини. Систему автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів наведено на рисунку 2.4

Велику кількість пляшок доступних для наповнення завантажують на конвеєрні стрічки. Відбираються і розміщуються пляшки необхідної місткості на конвеєрних стрічках, які транспортують їх до спеціальних пунктів розливу. Для кожного ароматизатора є дві стрічки і коли одна стрічка зупиняється для розливу молочного продукту та ароматизатора, інша стрічка переміщує порожні або повністю заповнені пляшки від входу до наповнення або від наповнення до точок виходу відповідно [13, 15, 17] Коли порожня пляшка досягає точки наповнення, вона наповнюється необхідними об'ємами молочного продукту та ароматизатора, а потім повністю заповнена пляшка переміщується до точки виходу.

Лінія I – наповнювач чорниця.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лінія II – наповнювач полуниця.

Лінія III – наповнювач ананас.

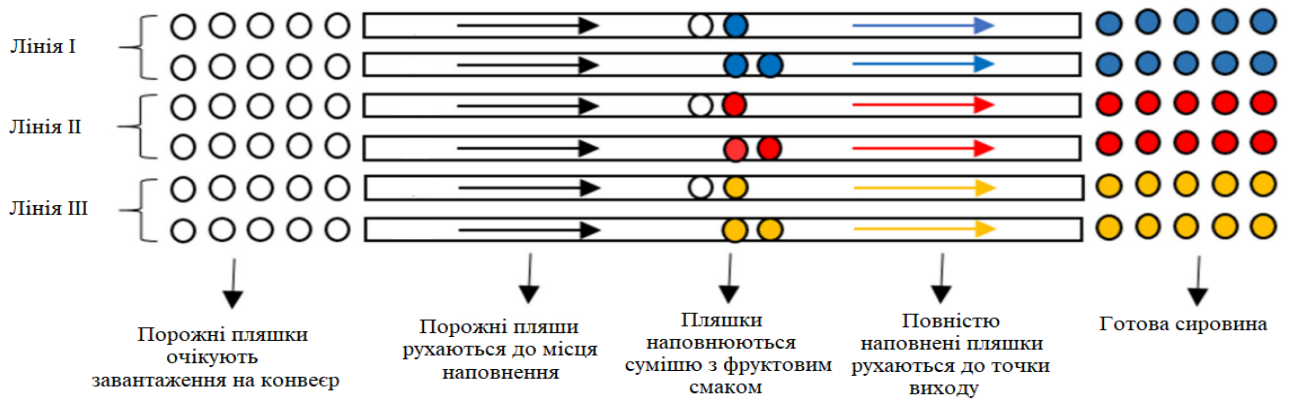


Рисунок 2.4 – Система автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів

З огляду на управлінські характеристики і характеристики машин, розглядаються два типи обмежень: експлуатаційні та технологічні обмеження. До операційних обмежень відносять врахування діапазону загального обсягу, задоволення попиту покупців протягом заданого часу, виконання аналогічного замовлення клієнта партіями, повне змішування молочного продукту та ароматизаторів.

До технологічних обмежень можна віднести обмеження на верхній і нижній стрічках об'єм пляшок; обмежена кількість ємностей, насосів та насадок для молочних продуктів та ароматизаторів у машині; норми подачі електромагнітних клапанів для молочного продукту і ароматизаторів; обмеження на кількість виділених ліній для наповнення смаків; обмеження кількості тримачів для пляшок.

Пропонується для оптимізації процесу розливу йогурту з додаванням ароматизаторів у пляшки та надання споживачам сировини різного смаку застосовувати не одну конвеєрну стрічку, а для кожного ароматизатора дві стрічки, що сприятиме різноманітності сировини. Всього пропонується додавати три ароматизатора, тобто для кожного ароматизатора по дві стрічки, три лінії (шість конвеєрних стрічок) для змішування будь-якого з трьох смаків з основною молочною сировиною:

- спеціальна точка наповнення для кожного смаку;
- будь-якій точці розливу одночасно обробляється лише одна пляшка;
- у пунктах розливу кожна пляшка має певний час обробки;
- конвеєрна стрічка розділена на дві рівні частини та три окремі точки розливу;
- для кожного ароматизатора є дві стрічки і коли одна стрічка зупиняється для розливу молочного продукту та ароматизатора, інша стрічка переміщує порожні або повністю заповнені пляшки від входу до наповнення або від наповнення до точок виходу відповідно;
- коли порожня пляшка досягає точки наповнення, вона наповнюється необхідними об'ємами молочного продукту та ароматизатора, а потім повністю

заповнена пляшка переміщується до точки виходу.

На основі вище зазначеного, можна вважати, що використання передових технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту може значно підвищити потужність промислового середовища. Інтелектуальні виробничі системи в молочній промисловості охоплюють кілька видів діяльності, таких як обробка сировини, завантаження, розвантаження, розлив, зберігання, моніторинг і контроль. У виробництві йогуртів використовують інформаційні системи та спеціалізовані мікропроцесорні системи для збору, зберігання, візуалізації, аналізу даних для реалізації управління виробничим циклом. Джерелом інформації, управління, моніторингу та оцінки якості в основному є датчики: контактні та безконтактні. Контактні методи мають істотний недолік, який полягає в тому, що в сировину можуть бути занесені мікроорганізми з навколишнього середовища шляхом занурення вимірювального зонда. Аналіз показав, що перевага віддається оптичним та ультразвуковим датчикам.

Запропоновано оптимізацію технологічного процесу виготовлення йогурту. Ядром процесу оптимізації виготовлення йогурту є технологічні операції, які входять до складу технологічного процесу: обробка, гомогенізація, пастеризація, ферментація, розлив, пакування, зберігання. Для здійснення оптимізації технологічного процесу виготовлення йогурту необхідно: врахування фізичних, мікробіологічних та біохімічних властивостей сировини, що бере участь у виробництві йогурту; застосування засобів автоматизації; здійснення контрольовано-вимірювальних операцій задля вимірювання основних показників технологічного процесу: температури, часу, тиску, вологості тощо; моніторинг: отримання точних даних з датчиків для оцінки якості йогурту. Доцільно на кожному великому етапі виробництва йогурту реалізовувати часткову або повну автоматизацію процесу.

Вважається за доцільне здійснювати розлив йогурту в пляшки разом з конвеєрною системою з використанням засобів автоматизації, а саме програмованого логічного контролера. Наповнення – це процес під час якого машина упакує рідкі продукти, такі як вода, прохолодні напої тощо. Цей метод включає в себе розміщення пляшок на конвеєрній стрічці і наповнення однієї пляшки протягом заданого часу. Розлив сировини в пляшки є ключовим етапом і починається з того, що пляшки тримаються на верхній частині конвеєрної стрічки. Заповнення контролюється та управляється за допомогою програмованого логічного контролера.

Запропоновано систему автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів. Велику кількість пляшок доступних для наповнення завантажують на конвеєрні стрічки. Відбираються і розміщуються пляшки необхідної місткості на конвеєрних стрічках, які транспортують їх до спеціальних пунктів розливу. Для кожного ароматизатора є дві стрічки і коли одна стрічка зупиняється для розливу молочного продукту та ароматизатора, інша стрічка переміщує порожні або повністю заповнені пляшки від входу до наповнення або від наповнення до точок виходу відповідно. Коли порожня пляшка досягає точки наповнення, вона наповнюється необхідними об'ємами молочного продукту та ароматизатора, а потім повністю заповнена пляшка переміщується до точки виходу.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Поживні властивості йогурту

Йогурт – це молочний продукт, який виробляється шляхом бактеріального бродіння молока. Він має кремову текстуру та гострий смак. Усі види йогурту відомі своєю користю для здоров'я та хорошим джерелом білка, кальцію та пробіотиків. Звичайний йогурт є чудовим джерелом пробіотиків, які можуть допомогти підтримати здоров'я кишечника та підвищити функцію імунної системи. Крім того, він містить багато інших необхідних вітамінів і мінералів.

У наш час йогурт є важливим молочним продуктом у всьому світі. Це тип їжі, який виробляється шляхом бактеріального бродіння молока. Він виступає носієм пробіотиків завдяки наявності живих штамів бактерій. Його вживають в їжу протягом тисячоліть і часто використовують як частину їжі або закуски, а також як компонент соусів і десертів. Кисломолочна сировина містить корисні бактерії і може функціонувати як пробіотик, забезпечуючи різноманітні переваги для здоров'я [10, 11]. Харчова цінність йогурту:

- калорій – 61;
- вода – 88%;
- білка – 3,5 г;
- вуглеводів – 4,7 г;
- цукор – 4,7 г;
- волокна – 0 г;
- жир – 3,3 г.



Одним з найпопулярніших кисломолочних продуктів у світі є йогурт, який виготовляється шляхом додавання в молоко живих бактерій. Звичайний йогурт також є джерелом йоду та цинку. Йогурт може містити багато пробіотиків і корисних бактерій. Ці бактерії проникають через шлунково-кишковий тракт де вони забезпечують низку переваг для здоров'я, таких як сприяння здоровому травленню та сильній імунній системі. Звичайний йогурт покращує рівень холестерину та кров'яного тиску, а також знижує ризик деяких видів раку. Оскільки сировина містить відносно малу кількість калорій і вуглеводів то вона також може бути корисною як частина планового схуднення, допомагаючи довше відчувати ситість завдяки високому вмісту білка.

Йогурт є чудовим джерелом білка, що робить його доповненням до раціону. Одна порційна упаковка простого знежиреного йогурту містить приблизно 13-14 грамів білка, що більше, ніж велике яйце або 1 порція

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Буньков			Літ.	Арк.	Аркуше
Перевір.		Омельченко				33	8
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Цвіркун					

нежирного червоного м'яса [10, 11]. Йогурт не тільки є чудовим джерелом легкозасвоюваних білків, але й містить усі дев'ять незамінних амінокислот, які організм не може виробляти самостійно. Вітаміни та мінерали також є важливими поживними речовинами, які роблять йогурт важливим продуктом в раціоні споживачів. Вітамін В2 (рибофлавін) допомагає росту та відновленню клітин, а вітамін В12 допомагає створювати еритроцити. Мінерали – фосфор і магній відіграють важливу роль у розвитку міцних кісток, а селен допомагає регулювати обмін речовин в організмі:

– вітамін В12 – поживна речовина міститься майже виключно в продуктах тваринного походження;

– кальцій – молочні продукти є відмінним джерелом легкозасвоюваного кальцію;

– фосфор – йогурт є хорошим джерелом фосфору, важливого мінералу, який відіграє важливу роль у біологічних процесах;

– рибофлавін – молочні продукти є основним джерелом рибофлавіну (вітаміну В2) в сучасному раціоні.

Йогурт має багато переваг для здоров'я, що робить його цінним і універсальним продуктом. Він багатий кальцієм, мінералом, необхідним для міцних кісток. Окрім підтримки загального здоров'я кісток, кальцій допомагає правильному функціонуванню м'язів і нервів. Пробиотики корисні для травної системи, оскільки вони допомагають розщеплювати їжу та врівноважувати рівень шкідливих бактерій у кишечнику. Регулярне вживання йогурту може покращити травлення та зменшити дискомфорт у животі, яке пов'язане із поганим травленням, таким як здуття живота та газу. Молочна кислота, що виробляється цими пробіотичними культурами, допомагає підтримувати здоров'я травної системи, підтримуючи ідеальний баланс рН.

3.2 Дослідження йогуртів на кислотність рН

Молочна кислота, що виробляється у процесі бродіння відіграє важливу роль у процесі виробництва йогурта та впливає на якісні характеристики готового продукту. Тому на підприємствах здійснюється вимірювання рівня кислотності в більшій частині процесу. Кислотність це важливий показник для споживачів, оскільки кислотність впливає на смак йогурту, роблячи його терпким. Кислотність вимірюється титрованим тестом на кислотність, але більш надійними і швидкими тестами для вимірювання кислотності є вимірювання відповідним обладнанням на підприємстві.

Багато досліджень присвячено аналізу якісних характеристик йогурту, зокрема рівню кислотності [12]. Результати показали, що застосування молока з високим вмістом жиру призводить до підвищення рівня кислотності у готовому йогурті. Ріст закваски під час бродіння має прямий зв'язок з підкисленням. Коли бактерії ростуть, збільшується кількість кислотності йогурту. Окрім того, було виявлено, що збагачення йогурта сухою речовиною не впливає на прогресування кислотності, а температура інкубації й тепло впливає на розвиток рН і обробку закваски під час інкубації.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Кореляція між рН йогурту після зберігання та вживанням пробіотичних штамів бактерій служить індикатором терміну придатності йогуртових продуктів. Переваги пробіотиків, смак і стабільність зберігання зразків йогурту залежать від точних вимірювань рН протягом усього процесу виробництва та контролю якості. Тому вимірювання рН йогурту стає важливим параметром під час виготовлення, а також під час оцінки якості бажаного продукту. Виміряти значення рН сировини можна двома способами [9]:

1. Електрохімічний – метод використовує електроди для вимірювання значення рН. Він дає досить точне значення, принаймні один десятковий дріб позаду коми, що дає змогу відрізнити продукт зі значенням рН 5,6 і 5,9.

2. Колориметричний – метод заснований на зміні кольору при передачі певного значення. Використовувати зміни кольору можна для того, щоб отримати орієнтовне значення рН розчину. Виробники виготовляють спеціальні рН-папірці або тест-смужки, які змінюють колір при різних значеннях рН, що дає уявлення про рН розчину. Однак точної цифри вони не дають.

Розглянуті методи зазвичай використовуються для визначення кислотності сировини. Для отримання точних значень рН з міркувань безпеки харчових продуктів слід використовувати електрохімічний метод. Однак, якщо необхідно отримати приблизний діапазон кислотності можна застосувати колориметричний метод. Основні показники методів визначення кислотності наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Методи визначення кислотності

Чинники	Електрохімічний метод	Колориметричний метод
Витрати	дорожчий	дешевший
Обслуговування	потребує регулярного калібрування	одноразове використання
Точність	надає фіксоване число (наприклад, 4.5)	вимагає порівняння кольору смужки з набором еталонних кольорів, може бути суб'єктивним
Умови застосування	існує багато різних типів зондів для різних продуктів (також твердих речовин)	часто потрібна рідина для занурення
Вплив на колір	ніякого впливу	може спотворювати показання

Вимірювання рН йогурту має серйозне обмеження через недостатню взаємодію між еталонним електролітом і зразком. Це пов'язано з напівтвердою консистенцією йогурту, яка ускладнює пробивання зразка звичайним датчиком. Делікатні чутливі мембрани датчика рН мають сферичну форму і можуть бути пошкоджені в процесі вимірювання. Іншим фактором, який сприяє обмеженій взаємодії між еталонним електролітом і зразком, є низька змішувальність через високий вміст жиру та білка в зразках [7]. Кислоти і луги – це просто хімічні речовини, які розчиняються у воді, щоб утворити іони (атоми з занадто великою або занадто малою кількістю електронів). Кислота розчиняється у воді

з утворенням позитивно заряджених іонів водню (H^+), при цьому сильна кислота утворює більше іонів водню, ніж слабка. Кислота (або основа) розчиняється у воді з утворенням негативно заряджених гідроксид-іонів (OH^-). Сильніші луги утворюють більше цих іонів, ніж слабші.

Типовий рН-метр складається з двох основних компонентів: вимірювач, який може бути вимірювачем з рухомою котушкою (з покажчиком, який рухається проти шкали) або цифровий глюкометр (з цифровим дисплеєм) і один або два щупи. Щоб змусити струм протікати через щось, потрібно створити цілісний електричний ланцюг. Отже, щоб струм протікав через досліджуваний розчин, потрібно помістити в нього два електроди (електричні клеми). Якщо рН-метр має два щупи, то кожен з них є окремим електродом, якщо лише один зонд, для простоти і зручності обидва електроди вбудовані усередині нього [7, 12]. Електрод, який виконує найважливішу роботу, називається скляним електродом. Має електричний дріт на основі срібла, підвішений в розчині калію хлорид, що міститься всередині тонкої колби (або мембрани), виготовленої зі спеціального скла, що містить солі металів (як правило, сполуки натрію і кальцію). Інший електрод називається еталонним електродом і має дріт хлориду калію. Основні частини промислового рН-метра наведено на рисунку 3.1.

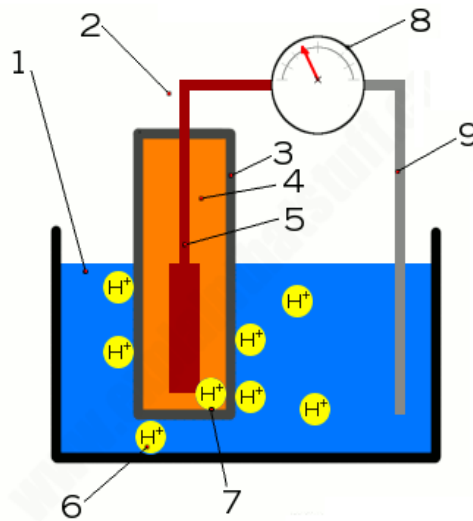


Рисунок 3.1 – Основні частини рН-метра

На рисунку 3.1 позначено: 1 – розчин, що випробовується на кислотність; 2 – скляний електрод, що складається з 3 тонкого шару кремнеземного скла, що містить солі металів, всередині якого знаходиться розчин хлориду калію 4 і внутрішнього електрода 5, виготовленого з хлориду срібла; 6 – іони водню, що утворюються в досліджуваному розчині, взаємодіють із зовнішньою поверхнею скла; 7 – іони водню, що утворюються в розчині хлориду калію, взаємодіють з внутрішньою поверхнею скла; 8 – лічильник, що вимірює різницю напруги між двома сторонами скла і перетворює цю «різницю потенціалів» в показник рН; 9 – еталонний електрод, що діє як базова лінія або еталон для вимірювання.

Для визначення активної кислотності використовують стаціонарний рН метр EDGE HANNA HI 2020 із рН-електродом HI 11310 (рис. 3.2). Технічні характеристики рН-метра представлені у таблиці 3.2.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 3.2 – Стационарний рН-метр з рН-електродом

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики рН-метра EDGE HANNA HI 2020

Найменування показника	Граничні значення
Діапазон рН	-2,000...16,000 (± 1000 мВ)
Роздільна здатність рН	0,01; 0,001 (0,1 мВ)
Точність (25°C) рН	$\pm 0,2$ мВ, $\pm 0,01$ рН, $\pm 0,002$ рН
Калібрування рН	3-точкова, 5-точкова
Буферні розчини	1.68, 4.01, 6.86, 7.01, 9.18, 10.01, 12.45; два користувацькі буфери
Температурна компенсація рН	Автоматична
Діапазон температур	від -20 до +120°C
Точність температури	$\pm 0,2$ °C

Деякі кольори змінюються при зміні рН в навколишньому середовищі. Зміна кольору завжди відбувається в одному і тому ж діапазоні рН. Наприклад, червонокочанна капуста завжди буде рожевою при низьких значеннях рН і синьою/зеленою при високих. Куркума має жовтий колір для нижчих значень рН і стає червоною при високих [9]. Кольори з такою властивістю називаються індикаторами рН. Їх можна використовувати в якості індикатора для значення рН. Змінюючи показники, які присутні в тестовому папері, можна виміряти асортимент різної продукції, яка має широкий діапазон значень рН (від 1 до 14). Однак, за допомогою цього методу не можна отримати такі ж точні показники, як при електрохімічному методі. На рисунку 3.3 наведено шкалу рН, яка зазвичай має значення від 0 або 1 до 14 для деяких продуктів.

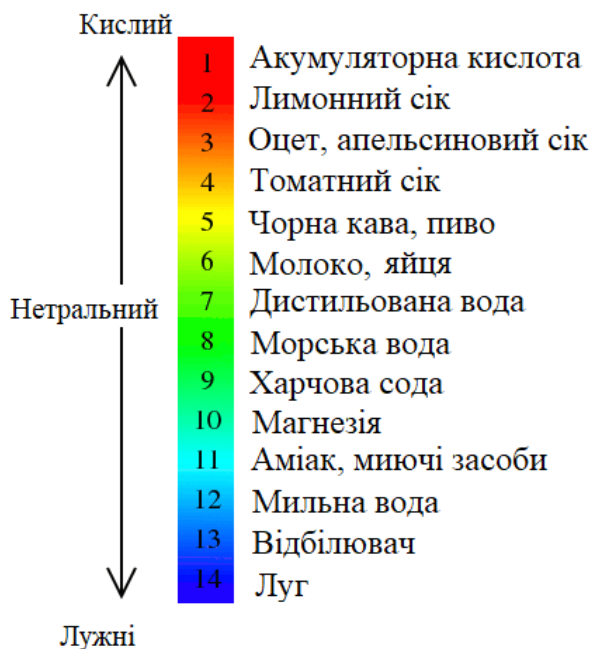


Рисунок 3.3 – Шкала рН для деяких продуктів (від 0 або 1 до 14)

У дослідженні будемо перевіряти кислотність рН йогурта двома методами: електрохімічним та колOMETричним.

1. Досліджуємо кислотність йогурта колOMETричним методом. Для проведення даного досліду необхідні зразки йогурта та смужки рН-паперу. рН папір – це особливий тип паперу, який змінює колір залежно від того, наскільки кислотним або основним є розчин. У комплекті з папером йде окрема таблиця кольорів, яка дозволяє визначити рН за кольором.

Переходимо до проведення дослідження:

- помістимо в ємності невелику кількість йогурта для аналізу (сировина повинна мати кімнатну температуру);

- зануримо смужку в рідину на декілька секунд, колір відразу змінюється, тому необхідно приступати до наступного кроку;

- порівнюємо колір отриманої смужки з таблицею кольорів, яку виробник надав разом зі смужками для визначення значення рН. Як тільки колір на смужці зміниться, порівнюємо його з відповідною діаграмою. Знайдемо колір, який найближче збігається з тим, що бачимо на смужці (рН написаний поруч із цим кольором). Порівняння кольорів має відбуватися негайно, тому що колір з часом потьмяніє і результати згодом можуть бути недостовірними.

Для визначення кислотності йогурта використовувалися універсальні тестові смужки з діапазоном від 0 до 14. Кожна окрема смужка паперу містила 4 кольорових квадрата. Кожен з цих квадратів буде змінювати колір в залежності від значення рН. Рівень рН йогурту дає уявлення про те, наскільки кислим є певний тип йогурту. Чим нижче число рН, тим кисліша сировина, причому 7 означає «нейтральний».

Досліджувалися два зразки йогурту:

Зразок №1 – йогурт без наповнювача.

Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Протестовані на кислотність зразки йогурту наведено на рисунку 3.4.



Зразок №1 йогурт без наповнювача



Зразок №2 йогурт з фруктовим наповнювачем

Рисунок 3.4 – Протестовані на кислотність зразки йогурту

Результати свідчать, що всі йогурти відносяться до кислих продуктів, які мають діапазон кислотності від 3,7 до 4,8. Зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,2, що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,65, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність.

2. Досліджуємо кислотність йогурта за допомогою рН-метра. Для цього застосуємо рН-метр для вимірювання кислотності 0.00-14рН (рис. 3.5). Технічні характеристики наведено у таблиці 3.3. Для проведення дослідження зануримо обладнання в зразки йогурту №1 та №2.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики рН-метра



Показники	Характеристики
Діапазон виміру	0.00 – 14.00 рН
Крок виміру	0,01 рН
Точність	рН ±0.01
Робоча температура	0-60°C
Живлення	від 2 батарейок-таблеток LR44 (вже встановлені)
Вага	50 г
Комплектація	рН-метр, 3 пакетики з порошком для калібрування, пластиковий кейс для зберігання, інструкція англійською мовою

Рисунок 3.5 – рН-метр

Результати свідчать, що зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,4, що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,75, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність. Результати отримані за допомогою рН-метра є більш точнішими, ніж результати отримані колориметричним методом. Кореляція становить приблизно 0,02.

На основі вище зазначеного можна вважати, що йогурт – це молочний продукт, який виробляється шляхом бактеріального бродіння молока. Він має кремову текстуру та гострий смак. Усі види йогурту відомі своєю користю для здоров'я та хорошим джерелом білка, кальцію та пробіотиків. Звичайний йогурт є чудовим джерелом пробіотиків, які можуть допомогти підтримати здоров'я кишечника та підвищити функцію імунної системи. Крім того, він містить багато інших необхідних вітамінів і мінералів.

Кислотність – важливий показник для споживачів, оскільки кислотність впливає на смак йогурту, роблячи його терпким. Виміряти значення рН сировини можна двома способами: електрохімічним методом, який використовує електроди для вимірювання значення рН. Він дає досить точне значення, принаймні один десятковий дріб позаду коми, що дає змогу відрізнити продукт зі значенням рН 5,6 і 5,9 та колориметричним методом, який заснований на зміні кольору при передачі певного значення. Використовувати зміни кольору треба для того, щоб отримати орієнтовне значення рН розчину. Виробники виготовляють спеціальні рН-папірці або тест-смужки, які змінюють колір при різних значеннях рН, що дає уявлення про рН розчину.

Розглянуті методи, зазвичай, використовуються для визначення кислотності сировини. Для отримання точних значень рН з міркувань безпеки харчових продуктів слід використовувати електрохімічний метод. Однак, якщо необхідно отримати приблизний діапазон кислотності можна застосувати колориметричний метод.

Здійснено дослідження, яке спрямоване на перевірку кислотності рН йогурта двома методами: електрохімічним та колориметричним. Досліджувалися два зразка йогурту: зразок №1 – йогурт без наповнювача, зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем.

При застосуванні колориметричного методу було отримано результати, які свідчать, що всі йогурти відносяться до кислих продуктів. Зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,2, що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,65, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність.

При застосуванні рН-метра для вимірювання кислотності 0.00-14рН було отримано результати, які свідчать, що зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,4, що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,75, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність. Результати отримані за допомогою рН-метра є більш точнішими, ніж результати отримані колориметричним методом. Кореляція становить приблизно 0,02.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню процесу та обладнання для покращення якості виробництва йогуртів. У роботі зазначено, що йогурт – це кисломолочний продукт з консистенцією схожою на заварний крем, який відрізняє його від інших кисломолочних продуктів. Йогурт – це молочний продукт, який виробляється шляхом бактеріального бродіння молока. Він має кремову текстуру та гострий смак. Усі види йогурту відомі своєю користю для здоров'я та є джерелом білка, кальцію та пробіотиків. Звичайний йогурт є чудовим джерелом пробіотиків, які можуть допомогти підтримати здоров'я та підвищити функцію імунної системи. Крім того, він містить багато інших необхідних вітамінів і мінералів.

У першому розділі здійснено аналіз технологічного процесу виготовлення йогурту. Розглянуто основні інгредієнти та види йогуртів. Етапи виготовлення йогурту включають гомогенізацію, пастеризацію та охолодження молока до температури інкубації перед додаванням закваски. Процес ферментації починається з додавання живих штамів бактерій при оптимальній температурі. Зниження рН за рахунок утворення молочної кислоти контролюється до тих пір, поки не буде досягнуто бажаного рівня кислотності рН, заздалегідь визначеного виробником (нижче 4,6 одиниць рН). Потім його частково охолоджують (нижче 20°C), а надалі додають фрукти або ароматичні інгредієнти відповідно до рецептури. Йогуртову сировину переміщують в холодильне сховище, що знижує подальший розвиток кислоти.

Зазначено, що щільність, в'язкість, консистенція, смак, колір, запах є основними показниками якості йогурта. Розглянуто обладнання для контролю якості сировини.

Другий розділ присвячено удосконаленню обладнання для покращення якості виготовлення йогуртів. Запропоновано оптимізацію технологічного процесу виготовлення йогурту. Ядром процесу оптимізації виготовлення йогурту є технологічні операції, які входять до складу технологічного процесу. Для здійснення оптимізації технологічного процесу виготовлення йогурту необхідно: врахування фізичних, мікробіологічних та біохімічних властивостей сировини, що бере участь у виробництві йогурту; застосування засобів автоматизації; здійснення контрольних-вимірювальних операцій задля вимірювання основних показників технологічного процесу: температури, часу, тиску, вологості тощо; моніторинг: отримання точних даних з датчиків для оцінки якості йогурту. Доцільно на кожному великому етапі виробництва йогурту реалізовувати часткову або повну автоматизацію процесу.

Вважається, що використання передових технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту може значно підвищити потужність промислового середовища. Джерелом інформації, управління, моніторингу та оцінки якості в

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Буньков</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					41	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>						

основному є датчики: контактні та безконтактні. Аналіз показав, що використовуються як контактні, так і безконтактні методи вимірювання, проте перевага віддається оптичним та ультразвуковим датчикам.

Вважається за доцільне здійснювати розлив йогурту в пляшки разом з конвеєрною системою з використанням засобів автоматизації. Наповнення – це процес під час якого машина упаковує рідкі продукти, такі як вода, прохолодні напої тощо. Цей метод включає в себе розміщення пляшок на конвеєрній стрічці і наповнення однієї пляшки протягом заданого часу. Розлив сировини в пляшки є ключовим етапом і починається з того, що пляшки тримаються на верхній частині конвеєрної стрічки. Заповнення контролюється та управляється за допомогою програмованого логічного контролера.

Запропоновано систему автоматизації розливу йогурту в пляшки з додаванням ароматизаторів. Велику кількість пляшок доступних для наповнення завантажують на конвеєрні стрічки. Відбираються і розміщуються пляшки необхідної місткості на конвеєрних стрічках, які транспортують їх до спеціальних пунктів розливу. Для кожного ароматизатора є дві стрічки і коли одна стрічка зупиняється для розливу молочного продукту та ароматизатора, інша стрічка переміщує порожні або повністю заповнені пляшки від входу до наповнення або від наповнення до точок виходу відповідно. Коли порожня пляшка досягає точки наповнення, вона наповнюється необхідними об'ємами молочного продукту та ароматизатора, а потім повністю заповнена пляшка переміщується до точки виходу. Пропонується три лінії: лінія I – наповнювач чорниця, лінія II – наповнювач полуниця, лінія III – наповнювач ананас.

У третьому розділі здійснено дослідження йогуртів на кислотність рН. Зазначено, що кислотність – важливий показник для споживачів, оскільки кислотність впливає на смак йогурту, роблячи його терпким. Виміряти значення рН сировини можна двома способами: електрохімічним методом, який використовує електроди для вимірювання значення рН. Він дає досить точне значення та колориметричним методом, який заснований на зміні кольору при передачі певного значення.

Здійснено дослідження, яке спрямоване на перевірку кислотності рН йогурта двома методами: електрохімічним та колориметричним. Досліджувалися два зразки йогурту: зразок №1 – йогурт без наповнювача, зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем.

При застосуванні колориметричного методу було отримано результати, які свідчать, що всі йогурти відносяться до кислих продуктів. Зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,2, що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,65, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність.

При застосуванні рН-метра для вимірювання кислотності 0.00-14рН було отримано результати, які свідчать, що зразок №1 – йогурт без наповнювача має значення кислотності рН 4,4, що свідчить про те, що він є досить кислим. Зразок №2 – йогурт з фруктовим наповнювачем має значення кислотності рН 4,75, що свідчить про те, що зразок №2 має меншу кислотність. Результати отримані за допомогою рН-метра є більш точнішими, ніж результати отримані колориметричним методом. Кореляція становить приблизно 0,02.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. How yogurt is processed. URL: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2015/december/columns/processing>.
2. Соломон А.М., Новгородська Н. В., Бондар М. М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання: Монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2019. 155 с.
3. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5302305>.
4. Бондарчук В.М., Маландій Є.В. Обґрунтування технології виробництва йогурту з соком барбарису та дослідження його властивостей. Безпека продуктів харчування та технологія переробки, 2013. 2(72). С. 159–166.
5. В'язкозиметр ротаційний – принцип роботи та характеристики. Режим доступу: <https://ua.waykun.com/articles/viskozimetr-rotacijnij-princip-roboti-ta.php>
6. Review on set yogurt production process. URL: <https://www.researchgate.net/publication/344886091>.
7. pH meters. URL: <https://www.explainthatstuff.com/how-ph-meters-work.html>.
8. Nutrition of different yogurt types. URL: <https://smoothiegains.com/nutrition-of-different-yogurt-types-most-protein>.
9. How to measure the pH of food products (using pH-strips). URL: <https://foodcrumbles.com/how-to-measure-the-ph-of-food-products-using-ph-strips/>.
10. Користь і шкода йогурту. Режим доступу: <https://goodfood.ua/blog/korist-i-shkoda-yogurtu/>.
11. Історія, користь і види. Усе, що ви хотіли знати про йогурт. Режим доступу: <https://life.nv.ua/ukr/food-drink/yogurt-korist-ta-istoriya-chim-korisniy-greckiy-yogurt-yak-yogurt-dopomagaye-shudnuti-50259990.html>.
12. Практичний посібник: Як правильно працювати з рН метром. Режим доступу: <https://atku.org.ua/praktichniy-posibnik-yak-pravilno-pracyuvati-z-rn-metrom.html>.
13. Analysis of information processes in the production of yogurt. URL: <https://www.researchgate.net/publication/303898178>.
14. Optimal Production Scheduling and Lot-Sizing in Dairy Plants: The Yogurt Production Line. URL: <https://www.researchgate.net/publication/41118173>.
15. Yanmei Cui, Xupeng Zhang. Filling Process Optimization through Modifications in Machine Settings. Processes, 2022.Vol 10. P. 2–15.
16. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
17. Food Production Scheduling: A Thorough Comparative Study between Optimization and Rule-Based Approaches. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/7/1950>.
18. Design and Implementation of Bottle Filling Automation System for Food Processing Industries using PLC. URL: <https://www.researchgate.net/publication/334204814>.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43