

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»
Хорольський В.П.
« ____ » _____ 2023 року

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

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ
ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА»**

Виконав:
здобувач вищої освіти Давиденко Олександр Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: зав.кафедри, 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
2023

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

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь магістр

Галузь знань Механічна інженерія

Освітня програма Обладнання переробної і харчової промисловості

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Обладнання
переробної і харчової промисловості»
Хорольський В.П.

« » 2023 року

З А В Д А Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Давиденко Олександр Олександровичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока»

Керівник роботи к.т.н., доцент, Омельченко О.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «02» травня 2023 р. № 69-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «04» грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.
2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.
2. Аналіз обладнання для пастеризації молока.
3. Удосконалення конструкційно-технологічних параметрів нагрівача.
4. Аналіз результатів досліджень.
5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

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

Схеми обладнання для пастеризації молока.

Процес теплової обробки молока з індукційним нагрівачем.

Схема індукційного нагрівача молока з витримувачем.

Схема пастеризатора з роторними нагрівачами.

Тест методи перевірки якості молока.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2023 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2023 р.
2	Аналіз обладнання для пастеризації молока	21.09-18.10.2023 р.
3	Удосконалення конструкційно-технологічних параметрів нагрівача	19.10-08.11.2023 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2023 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2023 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2023 р.

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Давиденко О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить: 2 таблиці, 18 рисунків. Список використаних джерел складається з 18 найменувань.

Об'єкт роботи – обладнання для пастеризації молока (індукційний нагрівач).

Предмет роботи – процес теплової обробки молока.

Мета роботи – дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока.

У роботі зазначено, що молоко є цінним та поживним продуктом, який має короткий термін зберігання. Переробка молока дозволяє зберігати молоко протягом днів, тижнів або місяців і допомагає зменшити хвороби, що передаються через їжу.

На основі аналізу, конструкційного оформлення пастеризаційних установок зазначено, що за визначенням «пастеризація молока» означає процес нагрівання кожної частинки молока до певної температури, витримування його при тій самій температурі протягом певного часу з подальшим швидким охолодженням до температури менше ніж 7°C. Проте можуть бути численні комбінації часу та температур для термічної обробки та отримання бажаних мікробних або хімічних ефектів таких як покращення якості зберігання, знищення патогенів або знищення всіх мікроорганізмів. Більш висока температура з довшим часом витримки може призвести до різкого зменшення кількості мікроорганізмів але це також пошкоджує поживні компоненти в молоці, отже, необхідним є раціональний вибір комбінації часу і температури, які сприятимуть максимальному знищенню мікроорганізмів з мінімальною втратою поживних речовин.

Зазначено, що перспективним є індукційний нагрів – це технологія електромагнітного нагріву, яка має ряд переваг, таких як висока безпека та енергоефективність. Індукційний нагрів, на відміну від інших методів, забезпечує об'ємну і практичну інерцію виділення тепла. Можливість швидкої зупинки і початку теплового впливу на оброблювальну сировину, а також висока точність регулювання процесу нагріву. Головною перевагою є безконтактність при передачі енергії від котушки індуктивності і перетворення її в теплову.

Запропоновано об'єднати в одній конструкції нагрівач і витримувач. Завдяки інтеграції зазначеної конструкції в процес термічної обробки харчових продуктів, які передбачають дуже високе споживання енергії та високі витрати, необхідність використання проміжних рідин, таких як гаряча вода та пара, буде усунена, а системи, які можуть виконувати ту саму роботу з набагато меншою кількістю обладнання без потреби в теплообмінниках, які легше контролювати з точки зору гігієни.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: тепла обробка, пастеризація молока, індукційний нагрівач, якість молока.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА	7
1.1 Пастеризація молока та молочних продуктів	7
1.2 Методи термічної обробки молочної сировини	8
1.3 Обладнання для пастеризація молочної сировини	11
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАГРІВАЧА	22
2.1 Моделювання та оптимізація процесів пастеризації молока	21
2.2 Індукційні нагрівачі в харчовій промисловості	24
2.3 Процес теплової обробки молока з індукційним нагрівачем	26
2.4 Удосконалена конструкція індукційного нагрівача з витримувачем	28
РОДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
3.1 Дослідження якості споживаного молока	34
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	41

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Давиденко</i>				Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що молоко є цінним та поживним продуктом, який має короткий термін зберігання. Воно дуже швидко псується, оскільки є чудовим середовищем для росту мікроорганізмів, особливо бактеріальних патогенів, які можуть спричинити захворювання у споживачів. Переробка молока дозволяє зберігати молоко протягом днів, тижнів або місяців і допомагає зменшити хвороби, що передаються через їжу.

Мета та задачі дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, конструкційного оформлення пастеризаційних установок зазначено, що за визначенням «пастеризація молока» означає процес нагрівання кожної частинки молока до певної температури, витримування його при тій самій температурі протягом певного часу з подальшим швидким охолодженням до температури менше ніж 7°C. Проте можуть бути численні комбінації часу та температур для термічної обробки та отримання бажаних мікробних або хімічних ефектів таких як покращення якості зберігання, знищення патогенів або знищення всіх мікроорганізмів. Більш висока температура з довшим часом витримки може призвести до різкого зменшення кількості мікроорганізмів але це також пошкоджує поживні компоненти в молоці, отже, необхідним є раціональний вибір комбінації часу і температури, які сприятимуть максимальному знищенню мікроорганізмів з мінімальною втратою поживних речовин.

Зазначено, що перспективним є індукційний нагрів – це технологія електромагнітного нагріву, яка має ряд переваг, таких як висока безпека та енергоефективність. Індукційний нагрів, на відміну від інших методів, забезпечує об'ємну і практичну інерцію виділення тепла. Можливість швидкої зупинки і початку теплового впливу на оброблювальну сировину, а також висока точність регулювання процесу нагріву. Головною перевагою є безконтактність при передачі енергії від котушки індуктивності і перетворення її в теплову.

Запропоновано об'єднати в одній конструкції нагрівач і витримувач. Завдяки інтеграції зазначеної конструкції в процес термічної обробки харчових продуктів, які передбачають дуже високе споживання енергії та високі витрати, необхідність використання проміжних рідин, таких як гаряча вода та пара, буде усунена, а системи, які можуть виконувати ту саму роботу з набагато меншою кількістю обладнання без потреби в теплообмінниках, які легше контролювати з точки зору гігієни.

Розглянуто методи перевірки якості молока, які застосовуються в лабораторних умовах та домашніх умовах.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Давиденко</i>				Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА

1.1 Пастеризація молока та молочних продуктів

Молоко є цінним та поживним продуктом, який має короткий термін зберігання. Воно дуже швидко псується, оскільки є чудовим середовищем для росту мікроорганізмів, особливо бактеріальних патогенів, які можуть спричинити псування та захворювання у споживачів. Переробка молока дозволяє зберігати молоко протягом днів, тижнів або місяців і допомагає зменшити хвороби, що передаються через їжу.

Термін придатності молока може бути продовжений на кілька днів за допомогою таких методів, як охолодження (що є фактором, який швидше за все впливає на якість сирого молока) або сквашування. Пастеризація – це процес термічної обробки, яка продовжує термін придатності молока до вживання і знижує кількість можливих патогенних мікроорганізмів до рівнів, при яких вони не представляють значної небезпеки для здоров'я. Молоко може бути додатково оброблене, щоб перетворити його на високоцінні, концентровані та легко транспортовані молочні продукти з тривалим терміном зберігання, такі як масло, сир та топлене масло.

Пастеризація – найпоширеніший процес теплового впливу на молоко, що полягає в нагріванні молока до певної температури та витримки при даній температурі певного часу. При пастеризації молока, завдяки тепловій дії, знищується майже повністю звичайна мікрофлора і вся патогенна мікрофлора, якщо вона існує [1, 6, 9]. На зміну мікрофлори молока, його структури та складу впливає не тільки температура нагрівання, а також умови, в яких здійснюється процес пастеризації. За наявності кисню у процесі нагрівання молока виділяються гази, що руйнують вітаміни, які містяться у продукті. Без доступу повітря збереження вітамінного складу зростає.

Пастеризація молока є найважливішим процесом, що використовується в молочній промисловості для забезпечення безпеки харчових продуктів та продовження терміну придатності молока. Це форма термічної обробки, яка включає обробку молока м'яким нагріванням для усунення шкідливих патогенів та знищення або інактивації мікроорганізмів, що сприяють псуванню. Процес названо на честь відомого французького вченого Луї Пастера, який провів новаторське дослідження у 1880-х роках, продемонструвавши, що термічна обробка може ефективно деактивувати небажані мікроорганізми. Під час пастеризації як упаковане, так і не упаковане молоко піддається термічній обробці за нормальною температурою, зазвичай, нижче 100°C [1, 3, 6, 8]. Цей температурний діапазон вважається м'яким, оскільки він нижчий від точки

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Давиденко</i>				Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока	<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>Хорольський</i>							

кипіння води. Використання нижчих температур дає можливість для збереження поживних властивостей та смаку молока при одночасному ефективному знищенні шкідливих бактерій.

Основною метою пастеризації є підвищення безпеки харчових продуктів шляхом знищення чи інактивації патогенних організмів, які присутні у молоці. Пастеризація відіграє дуже важливу роль у збереженні молока та забезпеченні його безпеки для споживання. Знищуючи шкідливі мікроорганізми цей процес допомагає запобігти хворобам харчового походження, які можуть виникнути в результаті вживання зараженого молока. Крім того, пастеризація продовжує термін зберігання молока за рахунок придушення росту бактерій, дріжджів і цвілі, що виникають при псуванні [5, 7, 9, 10]. Пастеризацію молока можна визначити як ретельно контрольований процес, який включає нагрівання молока або молочних продуктів до певної температури протягом заданого часу при дотриманні строгих заходів щодо запобігання повторного забруднення протягом всього процесу.

Температура, за якої молоко нагрівається під час пастеризації, визначається на основі термостійкості мікроорганізмів, на знищення яких спрямована програма пастеризації. Різні мікроорганізми мають різний ступінь термостійкості і вибрана температура призначена для забезпечення знищення цільових мікроорганізмів, що викликають псування при збереженні якості молока [5, 7, 9, 10]. Піддаючи молоко контрольованій термічній обробці, пастеризація спрямована на зниження мікробного навантаження в молоці, усунення або скорочення присутності шкідливих бактерій, які можуть викликати хвороби харчового походження або сприяти псуванню. Цей процес допомагає підвищити безпеку та термін зберігання молока, роблячи його придатним для вживання та збереження його харчової цінності.

1.2 Методи термічної обробки молочної сировини

Розглянемо деякі типи методів термічної обробки, які використовуються на підприємстві [5, 6, 8, 14, 16].

За визначенням «пастеризація молока» означає процес нагрівання кожної частинки молока до певної температури, витримання його при тій самій температурі протягом певного часу з подальшим швидким охолодженням до температури менше ніж 7°C. Відповідно, можуть бути численні комбінації часу та температур для термічної обробки та отримання бажаних мікробних або хімічних ефектів таких як покращення якості зберігання, знищення патогенів або знищення всіх мікроорганізмів. Більш висока температура з довшим часом витримки може привести до різкого зменшення кількості мікроорганізмів але це також пошкоджує поживні компоненти в молоці, отже, стає необхідним вибрати комбінацію часу і температури, яка призведе до максимального знищення мікроорганізмів з мінімальною втратою поживних речовин.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Термізація – це така обробка при якій молоко нагрівається при 63°C протягом 15 секунд. Це м'якше, ніж пастеризація, і зазвичай застосовується для покращення якості зберігання, а не для знищення патогенних мікроорганізмів. У той час як стерилізація передбачає нагрівання молока вище 100°C, набагато суворіше, ніж пастеризація, і вона вбиває всі живі клітини в молоці. Пастеризація вважається оптимізованою термічною обробкою, оскільки вона вбиває всі патогенні мікроорганізми та робить молоко безпечним для споживання людиною з мінімальними поживними втратами.

Термізація полягає в нагріванні молока до температури від 57°C до 68°C та витримці його при цій температурі протягом 15 хвилин. Цей метод призначений для боротьби з патогенними бактеріями та збереження корисних бактерій, які присутні у молоці. Відносно низькі температури, які використовуються при термізації, суттєво не змінюють структуру та смак молока [6, 9, 10].

Періодична пастеризація передбачає нагрівання молока до температури не нижче 62,8°C і витримку при цій температурі протягом мінімум 30 хвилин. Це була перша термотемпературна обробка розроблена для звільнення молока від активних мікробних патогенів [4, 6 7]. Такий вид пастеризації широко використовувалася з початку комерційної пастеризації молока в 1940-х роках. Вона використовується невеликими переробниками молока через низьку початкову вартість. Тривалий час витримки під час періодичної пастеризації може призвести до деяких змін білкової структури та смаку молока.

Пастеризацію HTST також називають *безперервною пастеризацією*, оскільки вона здійснюється безперервно в пластинчастому теплообміннику з виявленням і рециркуляцією недостатньо обробленого молока. Даний метод передбачає нагрівання молока до температури не нижче 71,7°C і витримку при цій температурі мінімум 15 секунд. Процес HTST складається з п'яти послідовних етапів: регенераційне нагрівання, нагрівання, витримка, регенеративне охолодження та охолодження. Найбільшою перевагою HTST-пастеризації є регенеративне нагрівання/охолодження молока. Експлуатаційні витрати пастеризації HTST є дуже низькими, хоча початкові витрати набагато вищі.

Миттєва пастеризація – це процес нагрівання молока до 85-90°C і витримки від 1 до 4 секунд. Це більш сувора обробка, ніж HTST, і зазвичай проводиться прямим нагріванням продукту. Назва «миттєва пастеризація» пов'язана з часом витримки, який іноді становить лише частки секунди, іменується «миттєвим» [4, 6 7]. Метод швидкої пастеризації спеціально використовується для пастеризації вершків під час виробництва масла і не завжди використовується для пастеризації молока. Миттєва пастеризація (високотемпературна короткочасна пастеризація) вимагає нагрівання молока до температури від 72°C до 74°C протягом 15-20 секунд. Швидке нагрівання та коротка тривалість цього методу ефективно усувають патогени, зводячи до мінімуму зміни смаку та структури молока.

						Арк.
					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультрависокотемпературна пастеризація передбачає нагрівання молока до температури не нижче 135°C і витримки при тій самій температурі протягом мінімум 1,0 секунди з подальшим асептичним пакуванням. Оскільки температура нагрівання вища за звичайну температуру кипіння молока (100,16°C), у молокопроводі підтримується вищий позитивний тиск принаймні 3,2 бар, щоб забезпечити температуру без випаровування [4, 6 7].

Спосіб нагрівання може бути прямим або непрямим або обидва. Найважливішою перевагою даного методу пастеризації молока є те, що продукт може зберігатися від 3 до 6 місяців без охолодження. Деякі інші методи пастеризації знищують більшість бактеріальних клітин, але вони не може знищити деяких споруутворюючих організмів, і це вимагає швидкого охолодження та зберігання в холодильнику пастеризованого продукту задля зупинки зростання шкідливих мікроорганізмів. Однак під час ультрависокотемпературної пастеризації майже всі мікроорганізми, включаючи споруутворювачі гинуть і тому такий оброблений продукт можна зберігати при кімнатній температурі без охолодження на відміну від перших інших методів пастеризації.

Такий спосіб нагрівання є ефективним для боротьби з термостійкими організмами. Ультрапастеризація вбиває всі вегетативні форми бактерій та дозволяє збільшити термін зберігання молока до 9 місяців. В останні кілька десятиліть УВТ-обробка перетворилася на окрему сферу переробки молока. Завдяки надзвичайно високій температурі обробки конструкційне оформлення даного обладнання значно відрізняються від інших пастеризаторів.

Пастеризація при надвисокій температурі (молоко нагрівається до температури від 135°C до 140°C протягом 2-4 секунд). Надвисока температура вбиває всі форми бактерій і молоко може вживати протягом 9 місяців [4, 6 7]. *Високотемпературна пастеризація короткого часу.* Цей вид пастеризації також відомий як флеш-пастеризація. Швидка пастеризація передбачає нагрівання молока до 71,7°C протягом 15 секунд для знищення *Coxiella burnetii*, яка є найбільш термостійким патогеном у сирому молоці. Оскільки технічно неможливо довести молоко до такої точної температури, необхідно працювати з діапазоном температур. Молоко нагрівається до температури від 72°C до 74°C протягом 15-20 секунд [4, 6 7]. Це забезпечує рівномірне нагрівання молока до необхідної температури, а спосіб найбільше підходить в системах безперервної пастеризації. Пастеризоване молоко зберігається від 16 до 21 дня.

Низькотемпературна пастеризація тривалого часу. Температуру, яка використовується для пастеризації, знижують до 63°C і витримують 30 хвилин. Тривалий період витримки змінює структуру молочних білків, що робить їх більш придатними для приготування йогурту [4, 6 7]. Цей метод найкраще підходить для періодичної пастеризації, коли молоко зберігається в чані з сорочкою для ефективної пастеризації. На ринку представлено безліч конструкцій пастеризаторів періодичної дії, які підходять як для побутового, так і для комерційного використання.

Пастеризація при надвисоких температурах. Це повністю закритий метод пастеризації. Продукт не піддається впливу навіть на частки секунди протягом усього процесу. Він передбачає нагрівання молока або вершків до

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

температури від 135°C до 150 °C протягом однієї-двох секунд, потім негайне охолодження та пакування в герметичний (герметичний) контейнер для зберігання. Незважаючи на ризик потемніння, ультрапастеризація залишається найпопулярнішим методом, для забезпечення якості молочної сировини [3, 7, 10, 12].

Зазвичай пастеризоване молоко зберігається до 2 тижнів, після чого закисає. Пастеризоване молоко придатне для наступного приготування (для виготовлення із нього молочнокислих продуктів). У ньому також зберігається більшість корисних для організму речовин. Одним з головних недоліків термічної обробки молока в теплообмінних апаратах є випадання білків, внаслідок чого, на теплообмінній поверхні теплообмінника утворюється «накип», білка або молочного каменю. Це сильно погіршує роботу пастеризатора з точки зору гідродинаміки та теплопередачі.

1.3 Обладнання для пастеризація молочної сировини

Обладнання для періодичної та безперервної пастеризації відрізняється як конструкцією, так і роботою, хоча мета однакова. За минуле століття обладнання для пастеризації молока зазнало швидких і значних змін. Деякі з характерних конструкцій включають змішувачі, резервуари зі скляним покриттям, розпилювачі, барабанний або плівковий нагрівач, внутрішній трубчастий нагрівач і зовнішній трубчастий (поверхневий) нагрівач.

Пастеризатор періодичної дії. Пастеризатор періодичної дії – це ємність із сорочкою, яка використовується для циркуляції теплоносія під час нагрівання та витримки. Після закінчення періоду витримки охолоджувальне середовище циркулює через ту саму сорочку [16]. У своїй найпростішій формі пастеризатор періодичної дії має такий вигляд як показано на рисунку 1.1.

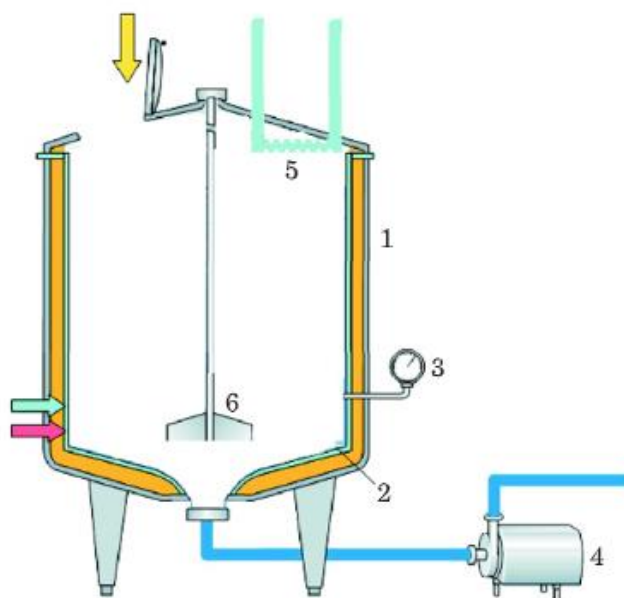


Рисунок 1.1 – Пастеризатор періодичної дії

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Процес пастеризації ідентифікується за конкретною комбінацією температури та часу, тому розробка процесу пастеризації стосується фіксації комбінації часу та температури певного процесу. Основна мета розробки процесу пастеризації може бути описано, як процес, застосований до продукту з метою мінімізації можливої небезпеки для здоров'я, що виникає через патогенні мікроорганізми, пов'язані з молоком, шляхом термічної обробки, що відповідає мінімальним хімічним, фізичним і органолептичним змінам у продукті.

Будь-яка безперервна пастеризаційна установка в основному складатися з пластинчастого теплообмінника, утримуючої труби, клапана переспрямування потоку, підкачувального насоса, нагрівального механізму, охолоджувального механізму та зворотного клапана [3, 6, 8, 10]. Однак типовий пастеризатор HTST має кілька додаткових компонентів з точки зору зручності експлуатації, кращої якості молока та енергоефективності. На рисунку 1.2 зображено типову установку для пастеризації молока.

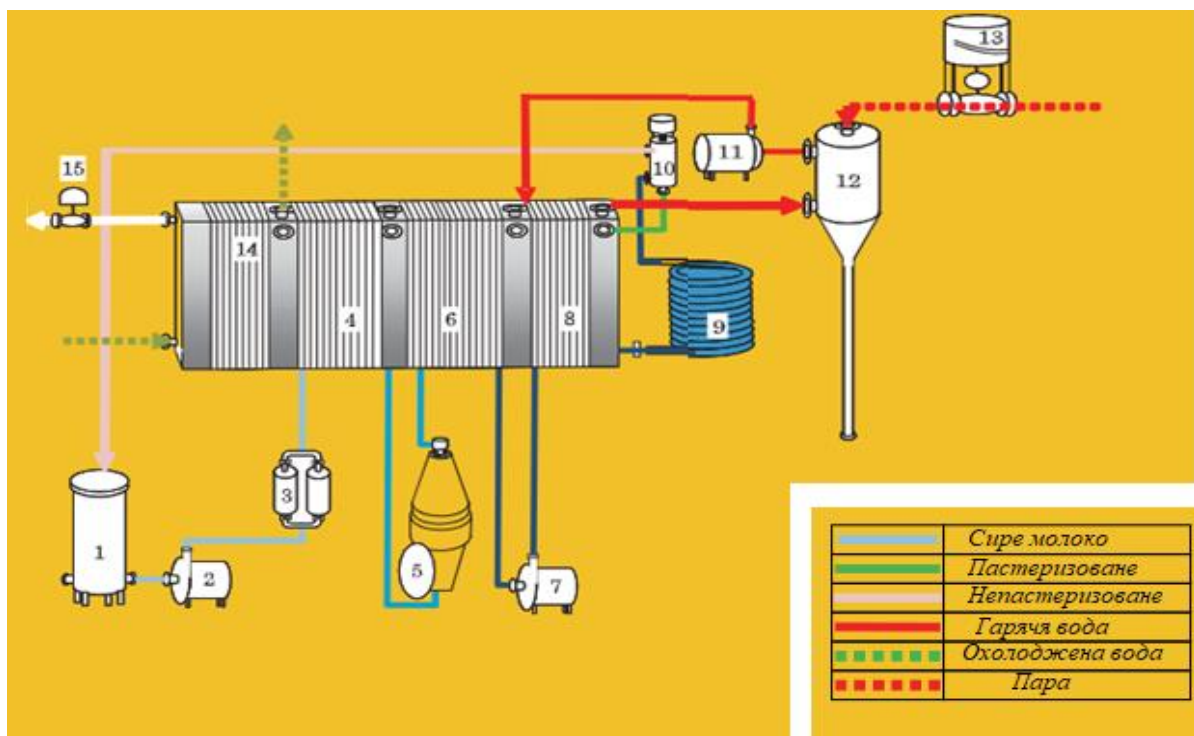


Рисунок 1.2 – Пастеризаційна установка

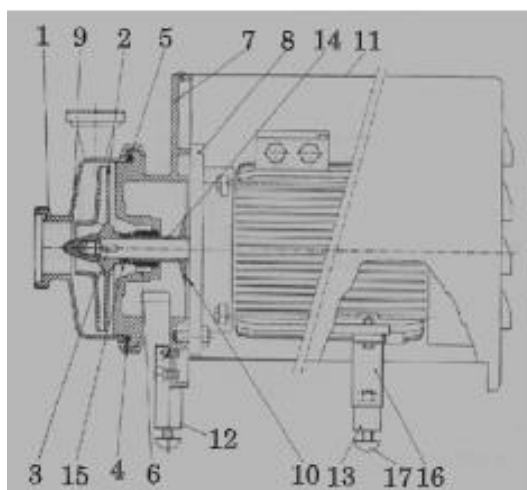
Молоко з основного резервуара спочатку надходить у резервуар із регульованим поплавком (1). Насос для подачі (2) проганяє молоко через молочний фільтр (3), щоб видалити небажані сторонні речовини, якщо такі є. Відфільтроване молоко надходить у секцію регенерації I (4) де нагрівається приблизно до 50°C. Таким чином, за бажанням, нагріте молоко можна подавати до вершкового сепаратора (5), інакше воно просувається до секції регенерації II (6) і нагрівається приблизно до 65°C. Потім молоко проходить через підкачувальний насос (7), який підвищує його тиск до нагрівальної секції (8) [8, 9, 10, 16].

Кожного разу, коли потрібна гомогенізація, молоко з (6) може бути направлено через гомогенізатор, минаючи бустерний насос. У секції нагріву молоко нагрівається гарячою водою до заданої температури пастеризації. Молоко з нагрівальної секції надходить у витримувальну трубу (9), яка сконструйована таким чином, що мінімальний час перебування молока в ній трохи перевищує вказаний час витримки пастеризації. На виході з утримувальної трубки розташований клапан переспрямування потоку (10), який вирішує, чи було належним чином пастеризоване молоко, що наближається, чи ні, і дозволяє належним чином пастеризованому молоку продовжувати рух, а непастеризоване молоко направляється назад безпосередньо в резервуар балансу (1).

Належним чином пастеризоване молоко, яке все ще перебуває при температурі пастеризації, послідовно протікає через нижню частину секції регенерації II і секції регенерації I. Він діє як теплоносіє для сирого молока, що надходить. Отже, пастеризоване молоко охолоджується приблизно до 10-15°C залежно від початкової температури сирого молока. Після виходу із секції регенерації I пастеризоване молоко надходить у секцію охолодження (14) де воно охолоджується нижче 5°C за допомогою охолоджувального середовища та надходить у резервуар для зберігання. Гаряча вода рециркулює в системі через сумісний відцентровий насос (11) підтримуючи його температуру за допомогою впорскування пари в спеціально сконструйований блок, який називається паровою батареєю (12). Подібним чином охолоджена вода рециркулює за допомогою відцентрового насоса з резервуара для льоду.

Балансовий резервуар: це невеликий резервуар, який розміщується між молочним силосом і насосом, що подає молоко в пастеризатор; він діє як стабілізатор потоку та забезпечує постійне надходження молока. За допомогою поплавця рівень молока в резервуарі контролюється між двома межами.

Насос: насос є звичайним відцентровим насос, який встановлено таким чином, що висота всмоктування буде незначною. Це уникає використання всмоктувального клапана, оскільки клапан є небажаним з точки зору даної конструкції (рис. 1.3).



1. Корпус
2. Робоче колесо
3. Крильчатка
4. Затиск
5. Затискне кільце ущільнювача
6. Механічне ущільнення
7. Кришка
8. Мотор
9. Гайка робочого колеса

Рисунок 1.3 – Молочний насос (позначення деяких елементів насосу)

Пластинчастий теплообмінник є найважливішим компонентом пастеризатора. У своїй найпростішій формі він складається з передньої основи, задньої основи, рейки, які з'єднують передній і кінцевий елементи, утворюючи каркасну структуру. Кілька тонких пластин встановлюється в раму, утворюючи горизонтальну стопку, яка може заповнювати або не заповнювати всю довжину рами. Якщо повна довжина рами не заповнена пакетом пластин, додаткова товста пластина, відома як натискна пластина, включається як остання опорна пластина і затягується центральним гвинтом, щоб забезпечити необхідний контактний тиск.

Пластини ущільнені з обох боків зовні гнучкими прокладками з нітрилового каучуку. Конструкція окремої пластини має чотири отвори для проходу рідини та дві канавки для зачеплення пластини з напрямною рейкою. Два з чотирьох отворів діють як впускний і вихідний отвір для однієї рідини (скажімо, молока) на тій стороні пластини і називаються відкритими портами. Решта два отвори функціонують як обхідні канали для іншої рідини (скажімо, води) на інший бік пластини. Вони називаються сліпими портами, бо вони запобігають потраплянню рідини в одну сторону, тому їх іноді називають сліпими портами або отворами. Кожна пластина виготовлена з полірованої нержавіючої сталі та має площу поверхні близько 1 м², товщина якої може варіюватися від 0,5 до 1,25 мм. Кожна пластина має рифлення шляхом штампування, щоб знизити час перебування та створити турбулентність над пластиною, що покращує теплопередачу (рис. 1.4).

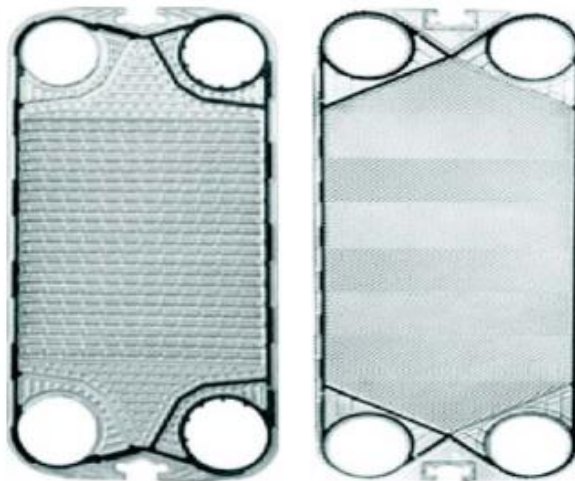


Рисунок 1.4 – Ущільнювальні пластини

Загальна кількість молока, що надходить одночасно протікає через багато альтернативних тарілок, як показано на рисунку 1.5, вниз, а потім через ту саму кількість тарілок угору. Потрібно кілька проходів у низці пластин. Подібним чином тече теплоносії/охолоджувач крізь багато тарілок одночасно залежно від швидкості потоку та робить кілька проходів, перш ніж досягти наступного етапу.

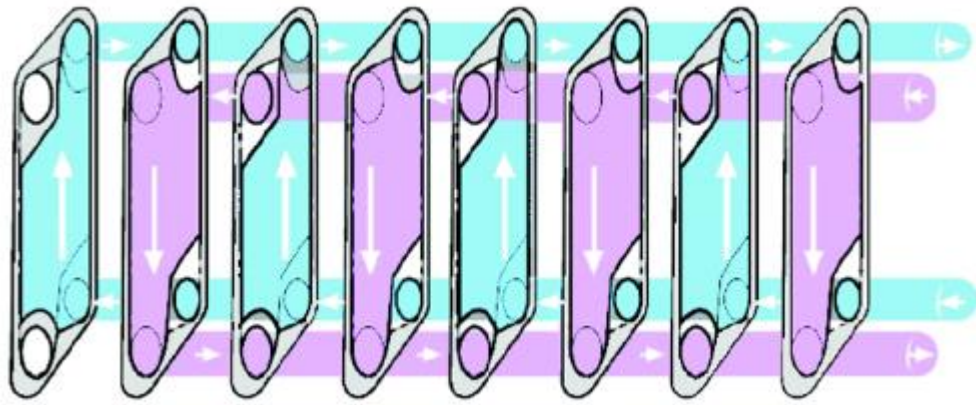


Рисунок 1.5 – Схема протікання молока пластинчастому теплообміннику

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики пастеризаційно-охолоджувальних пластинчастих установок

Показники	ОПЭ-1,0	ОПЭ-1,5
Продуктивність, л/год	1000	1500
Температура молока, °С:		
– початкова	6	6
– пастеризації	78±2	78±2
– кінцева, при охолодженні крижаною водою	4-6	4-6
Тиск пари перед приладами регулювання, МПа	0,1-0,3	0,1-0,3
Витрата пари, кг/год	550	980
Встановлена потужність, кВт	30	48
Потужність в режимі пастеризації, кВт	15	18
Габаритні розміри, мм	2250x1300x1800	2500x1385x1810
Маса, кг	460	610

У пастеризаційно-охолоджувальних установках з електронагрівом проміжного теплоносія замість конвекційного бака з інжектором встановлений електричний водонагрівач – циліндрична ємність форми місткістю близько 40 л, на кришці якої розміщено електронагрівальні елементи [5, 6]. Для підживлення та підтримки постійного рівня води є зрівняльний бак, який змонтований на корпусі ємності. Рівень води в ємності контролюється вимірювачем рівня, який відключає нагрівальні елементи при падінні його нижче за норму.

Надлишок води з водонагрівача видаляється за допомогою переливної труби. Робота пастеризаційно-охолоджувальної установки під час виробництва питного молока полягає в наступному. Молоко з ємності для зберігання направляється самопливом або під натиском у зрівняльний бак, звідки насосом подається до першої секції регенерації пластинчастого апарату.

Підігріте до 37...40°C молоко надходить у молокоочисник для очищення від механічних домішок і йде на подальший підігрів у другу секцію регенерації та секцію пастеризації, де нагрівається до 9°C. Із секції пастеризації молоко через електрогідравлічний перепускний клапан направляється у витримувач, далі надходить у секції регенерації для передачі теплоти зустрічного потоку молока, що надходить в апарат. Після цього воно потрапляє послідовно в секції охолодження водою та розсолем, де охолоджується до 8°C, і виходить із установки [5, 6]. Охолоджується молоко за допомогою артезіанської та крижаної води або розсолу, що надходять від холодильної установки. Охолодження молока до температури не вище 8 °C можливо лише за нормальної кратності подачі води та розсолу в секції охолодження. Весь процес пастеризації регулюється автоматично. Потрібна температура пастеризації підтримується електронним мостом, регулювання плавне, температура пастеризації записується на діаграмні стрічки контрольного приладу, звукова та світлова сигналізація спрацьовує при зниженні температури пастеризації нижче 90°C.

ІЧ випромінювання – електромагнітне випромінювання, що займає найбільшу частину оптичної області спектру (750 ÷ 107 нм), знайшло практичне застосування для обробки молока завдяки щадному впливу на продукт. ІЧ випромінювання має однакову природу з УФ випромінюванням та відрізняється від нього за фізичними, хімічними та фізіологічними впливами на продукт, що піддається обробці. Внаслідок малої енергії своїх квантів ІЧ випромінювання не викликає фото-хімічних реакцій, що дуже важливо для технологічного процесу пастеризації молока.

Основні переваги використання ІЧ випромінювання полягають у тривалості часу обробки молока (3-5 секунд) та низькою дефітамінізацією. Процес пастеризації супроводжується зниженням кількості мікроорганізмів без істотних змін у вмісті білків та вітамінів: А, каротину (провітаміну А), В1, В2 і С. При такій обробці вміст вітамінів у молоці є вищим, ніж у молоці обробленому у пластичних теплообмінних апаратах [4, 12, 13]. За технічною ознакою апарати ІЧ випромінювання для обробки молока можуть бути підрозділені на підігрівачі та пастеризатори, за способом опромінення та розташування джерел випромінювання на апарати одностороннього, двостороннього та внутрішнього впливу. Останні найбільш ефективні з погляду повноти використання енергії ІЧ випромінювання до виконання технологічного процесу.

Для нагрівання продукту крім гарячої води, пари або електроенергії в деяких пастеризаційно-охолоджувальних установках, як джерело прямого нагріву молока, застосовують інфрачервоні нагрівачі. В установках з невеликою продуктивністю молоко подається на обробку інфрачервоним випромінювачем тонким шаром (рис. 1.6).

Відмінна риса радіаційного підведення тепла – прямолінійне поширення випромінювання. Тому при розміщенні випромінювачів в апараті необхідно враховувати форму виробу та особливості технологічного процесу.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Двостороннє опромінення продуктів найбільш поширене для обробки тонкошарових матеріалів прямокутної форми. Якщо продукт має велику проникність в інфрачервоній області то горизонтальний конвеєр роблять із суцільної металевої стрічки.

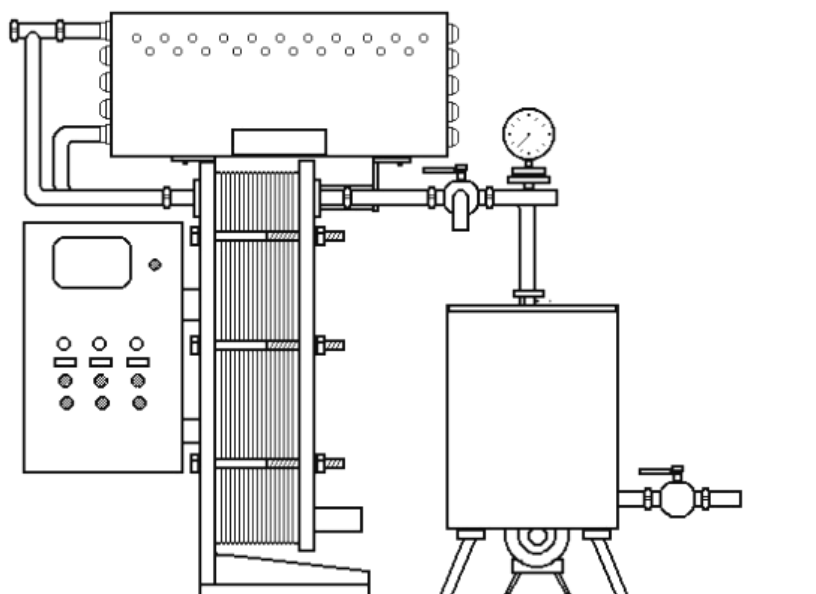


Рисунок 1.6 – Пастеризаційно-охолоджувальна установка

Установка для обробки рідини інфрачервоним та ультрафіолетовим випромінюванням у тонкому шарі містить первинний теплообмінник-рекуператор, витратомір та пристрій ультрафіолетового випромінювання. При цьому витратомір та пристрій ультрафіолетового випромінювання встановлені за допомогою з'єднувальних муфт у розріз трубопроводу подачі продукту між теплообмінником і приймальною камерою з формувачем тонкого шару, а теплообмінник виконаний вторинним теплообмінником-рекуператором.

Застосування пристрою ультрафіолетового випромінювання дозволяє знезаражувати воду, якою заповнюють систему для технологічного промивання обладнання установки, а також при зміні одного типу продукту на інший. Використання первинного теплообмінника-рекуператора забезпечує зниження енергетичних витрат за 10-15% [2, 7, 9]. Установка витратоміра спільно з циркуляційним насосом подачі продукту визначає заданий потік рідини в системі, що суттєво спрощує формування тонкого шару в робочому циліндрі і, як наслідок, підвищує якість обробки харчового продукту. Це дозволяє забезпечити тривалу безпеку продукту без зниження поживних та смакових властивостей.

Процес пастеризації ідентифікується за конкретною комбінацією температури та часу, тому розробка процесу пастеризації стосується фіксації комбінації часу та температури певного процесу. Основна мета розробки процесу пастеризації може бути описано, як процес, застосований до продукту з метою мінімізації можливої небезпеки для здоров'я, що виникає через патогенні мікроорганізми, пов'язані з молоком, шляхом термічної

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

обробки, що відповідає мінімальним хімічним, фізичним і органолептичним змінам у продукті.

Функціонально-технологічна схема роботи установки для обробки рідини інфрачервоним та ультрафіолетовим випромінюванням у тонкому шарі представлена на рисунку 1.7.

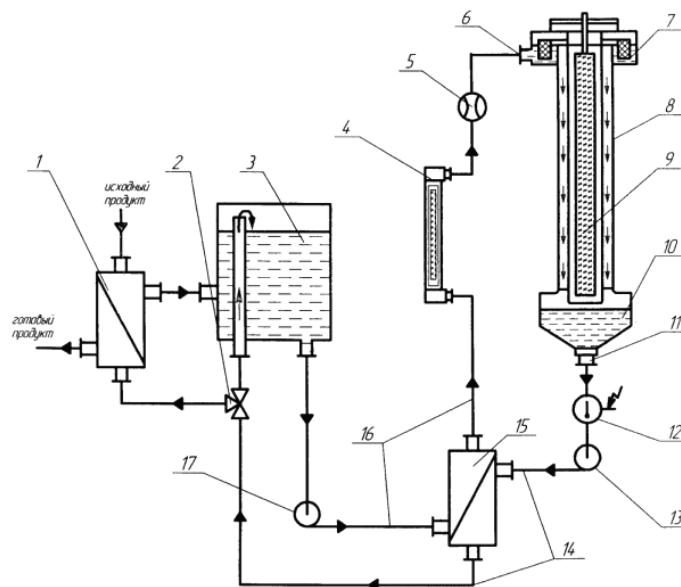


Рисунок 1.7 – Установка для обробки рідини інфрачервоним та ультрафіолетовим випромінюванням у тонкому шарі

На рисунку 1.7 позначено: 1 – первинний теплообмінник-рекуператор; 2 – триходовий кран; 3 – приймальний бак; 4 – пристрій УФ-випромінювання; 5 – витратомір; 6 – патрубок для підведення рідини; 7 – приймальна камера, що формує тонкий шар; 8 – камера пастеризації; 9 – ІЧ-випромінювач; 10 – компенсаційна камера; 11 – патрубок відведення продукту; 12 – термодатчик; 13, 17 – циркуляційний насос; 14, 16 – трубопровід видачі продукту; 15 – вторинний теплообмінник-рекуператор.

Схема роботи пастеризаційної установки з гідродинамічним нагрівачем представлена на рисунку 1.8 (табл. 1.2).

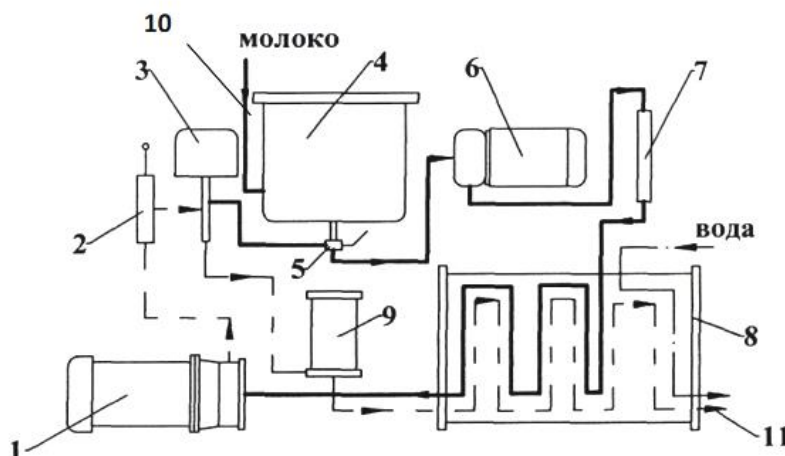


Рисунок 1.8 – Схема роботи пастеризаційно-охолоджувальної установки з гідродинамічним нагрівачем

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

На рисунку 1.8 позначено: 1 – нагрівач; 2 – термометр; 3 – клапан повернення; 4 – бак; 5 – кран; 6 – насос; 7 – фільтр; 8 – теплообмінник; 9 – витримувач; 10 та 11 – трубопровід подачі та виведення молока; 11 – вихід молока.

Таблиця 1.2 – Основні параметри пастеризаційно-охолоджувальних установок з гідродинамічним нагрівачем

Показники	ПМП-0,2	ПМП-0,2-1	ПМП-0,2-2
Продуктивність, л/год	600	1200	1800
Температура молока, °С: подається на обробку, пастеризацію охолодження	10...30 74...96 6...10	10...30 74...96 6...10	10...30 74...96 6...10
Тривалість витримки молока, секунд	15...20	15...20	15...20
Коефіцієнт регенерації тепла, %	82	80	82
Температура холодоносія, °С	1...3	1...3	1...3
Витрата холодоносія, м ³ /год	1,5	1,5	1,5
Потужність приводу, кВт	10	14	20
Маса, кг	250	250	250

Основним тепловим апаратом у ній є гідродинамічний нагрівач 1 із приводом від електродвигуна. Крім нього до складу пастеризаційної установки входять витримувач 9, теплообмінник 8, бак 4 для пастеризованого продукту, насос 6 і фільтр 7. Є контрольно-регульовальна апаратура.

Нагрівач містить корпус 1 з ротором 4, закріпленим на валу 2 (рис. 1.9).

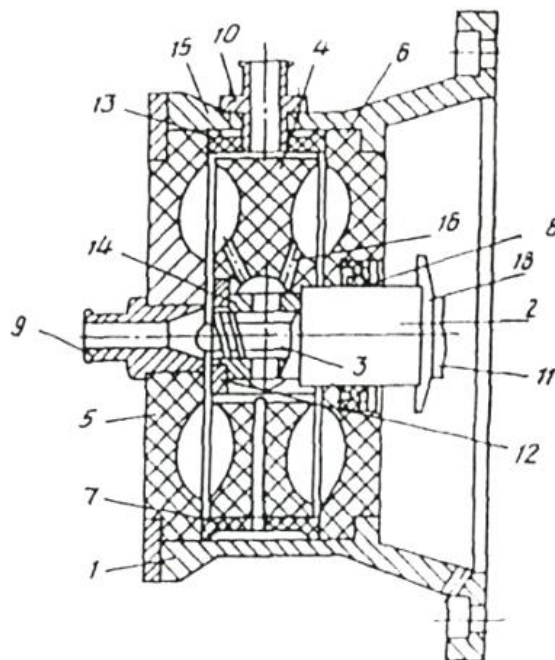


Рисунок 1.9 – Гідродинамічний нагрівач рідини

На рисунку 1.9 зображено: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – осьовий насос; 4 – ротор; 5,6 – кришки; 7 – кільце; 8 – ущільнювальна манжета; 9 – вхідний патрубок; 10 – випускний патрубок; 11 – електродвигун; 12 – гайка; 13, 14, 15 – гумові кільця; 16 – канали.

Ротор з обох сторін закритий кришками 5 і 6 на прилеглих до ротора бічних поверхнях, осередки 10 розташовані симетрично осередкам ротора. Перегородки між осередками виконують роль лопаток для молока. При роботі пастеризаційної установки молоко з приймального бака 4 насосом 6 подається через фільтр 7 в пластинчатий регенератор 8 де підігрівається зустрічним потоком молока з ГДН. Далі воно надходить через вихідний патрубок 7 у порожнину осередків 10 ротора та кришок. При обертанні ротора ці осередки періодично розкриваються, збігаючись з осередками ротора, і закриваються, створюючи опір течії молока в роторі [5, 6, 9, 10].

Гаряче молоко з нагрівача подається до витримувача 9, а з нього в регенератор 8, потім в секцію охолодження і подається на вихід 11 пастеризаційної установки.

За визначенням «пастеризація молока» означає процес нагрівання кожної частинки молока до певної температури, витримування його при тій самій температурі протягом певного часу з подальшим швидким охолодженням до температури менше ніж 7°C. Відповідно, можуть бути численні комбінації часу та температур для термічної обробки та отримання бажаних мікробних або хімічних ефектів таких як покращення якості зберігання, знищення патогенів або знищення всіх мікроорганізмів. Більш висока температура з довшим часом витримки може привести до різкого зменшення кількості мікроорганізмів але це також пошкоджує поживні компоненти в молоці, отже, стає необхідним вибрати комбінацію часу і температури, яка призведе до максимального знищення мікроорганізмів з мінімальною втратою поживних речовин.

Обладнання для періодичної та безперервної пастеризації відрізняється як конструкцією, так і роботою, хоча мета однакова. За минуле століття обладнання для пастеризації молока зазнало швидких і значних змін. Деякі з характерних конструкцій включають змійовики, резервуари зі скляним покриттям, розпилювачі, барабанний або плівковий нагрівач, внутрішній трубчастий нагрівач і зовнішній трубчастий (поверхневий) нагрівач.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАГРІВАЧА

2.1 Моделювання та оптимізація процесів пастеризації молока

Процес пастеризації ідентифікується за конкретною комбінацією температури та часу, тому розробка процесу пастеризації стосується фіксації комбінації часу та температури певного процесу. Основною метою процесу пастеризації, як зазначалося раніше, є мінімізація можливої небезпеки для здоров'я, що виникає через патогенні мікроорганізми, пов'язані з молоком, шляхом термічної обробки, що відповідає мінімальним хімічним, фізичним і органолептичним змінам у продукті [2, 4, 7, 16]. Температура та час вибраної комбінації мають бути достатньо високими, щоб знищити всі патогенні мікроорганізми в молоці. Водночас зазначені характеристики мають бути достатньо низьким, щоб завдати мінімальної можливої шкоди чутливим до тепла компонентам молока. Отже, розробка процесу спрямована на досягнення розумного компромісу для максимального знищення мікробів і мінімізації хімічних змін у молоці. Виникає необхідність визначити залежність між температурою та швидкістю руйнування.

Коли зменшення кількості мікроорганізмів або концентрації деяких компонентів є лінійно пропорційними з часом, можна вважати, що реакція має нульовий порядок. Коли зв'язок експоненціальний, тобто лінійний напівлогарифмічний графік, він називається першого порядку, а якщо графік гіперболічний то другого порядку [4, 6, 16]. Мікробне руйнування в молоці під час нагрівання та більшість інших реакцій, пов'язаних із обробкою їжі, відбувається за реакцією першого порядку, крива термічного руйнування є експоненціальною та лінійною, як показано на рисунку 2.1.

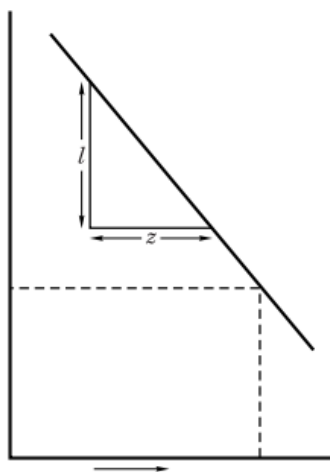


Рисунок 2.1 – Крива термічної деструкції

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Давиденко				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко					21	13
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський						
Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока							

Перед розробкою процесу пастеризації (будь-якої термічної обробки) необхідно розглянути основні характеристики.

Час термічної обробки – це час, необхідний для знищення певної кількості організмів при заданій постійній температурі і є одним із способів індикації термостійкості певних організмів. Точка термічної інтенсифікації, яка є температурою, необхідна для знищення певної кількості організмів за певний час (як правило 10 хвилин).

Час знищення загальної кількості мікроорганізмів. Необхідний для знищення 90% загальної кількості мікроорганізмів, які присутні спочатку, тобто для досягнення одного логарифмічного циклу зменшення мікробної популяції. Значення D також називають десятковим часом зменшення, оскільки після нагрівання протягом еквівалентного йому часу кількість мікроорганізмів зменшується на один десятковий знак. Математично значення D є величиною, яке чисельно визначається як [16]

$$\log \frac{N_0}{N_t} = -\frac{t}{D}$$

де N_0 – кількість мікроорганізмів, які спочатку були присутні;

N – кількість мікроорганізмів, які вижили після « t » хвилин термічної обробки при певній постійній температурі.

Якщо залишилося 10% від початкової кількості, права частина припускає одиницю, а час « t » стає D -значенням. Від'ємний знак вказує на зменшення N . Очевидно, що при більш високій температурі значення D для даного мікроорганізму було б нижчим за умови, що всі інші фактори залишаються незмінними.

Зміну температури, необхідної для зміни швидкості мікробної активації можна просто визначити як зміну температури, необхідну для десятикратної зміни D -значення. Значення виражається в одиницях температури і описує температурну залежність D -значення в кількісних виразах. Тоді як значення D відображає стійкість мікроорганізму до певної температури, означена величина надає інформацію про відносну стійкість організму до різних руйнівних температур. Математично має вигляд [16]

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{T_2 - T_1}{z} \ln(10)$$

де k_1 і k_2 – константи швидкості реакції при температурах T_1 і T_2 °C відповідно.

Рівняння, що зв'язує D -значення при будь-яких двох температурах (T_1 і T_2) і значення зміни температури, необхідної для зміни швидкості мікробної активації матиме вигляд [16]

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

$$\frac{\log D_1 - \log D_2}{T_1 - T_2} = -\frac{1}{z}$$

Якщо, наприклад, 15 секунд при 72°C є адекватним процесом, а $z = 6^\circ\text{C}$, то 150 секунд при 78°C і 1,5 секунди при 66°C є еквівалентним процесом.

Важливим є визначення зміни швидкості реакції, коли її температура підвищується на 10°C і виражається як відношення підвищеної швидкості реакції до попередньої швидкості реакції [16]

$$Q_{10} = \frac{k_{at}(T + 10)}{k_{at}(T)}$$

де k – константа швидкості реакції,
 T – температура, °C.

Тобто, якщо швидкість будь-якої реакції подвоюється зі зміною температури на 10°C, вона має значення $Q_{10} = 2$. Більшість ферментативних реакцій, таких як зміна смаку, потемніння, утворення пігменту, руйнування вітамінів тощо мають значення $Q_{10} = 2$.

Швидкості хімічних реакцій набагато менш чутливі до змін температури ніж швидкості реакції руйнування мікробів. Для спор завжди мають тенденцію бути вищими, ніж для відповідних вегетативних клітин.

F -значення – це еквівалентний час у хвиликах за будь-якої необхідної температури процесу досягнути руйнування (летальності), яке було б досягнуто за 121,1°C як температура процесу. Величина F вказує на летальність процесу [16]

$$F_{\downarrow 0} = D_{\downarrow 0} [\log (N_{\downarrow 0})] - [\log (N_{\downarrow t})]$$

де N_0 – початкова кількість мікроорганізмів;
 N_t – кількість мікроорганізмів, що вижили.

Як і D -значення, F_0 також вказує на час процесу при 121,1°C тому для інших температур процесу, значення підписується, наприклад, F_{72} . Якщо значення z є відомо, еквівалентне значення F при будь-якій температурі процесу t можна розрахувати наступним співвідношенням [16].

$$F_t = F_0 10^{\frac{T_t - T_0}{z}}$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для всіх термічних процесів, таких як пастеризація, нагрівання та охолодження час відносно короткий, розрахунки базуються на часі витримки та температурі. Виходячи з цього може бути визначено комбінацію часу та температури для пастеризації чи іншої подібної термічної обробки.

2.2 Індукційні нагрівачі в харчовій промисловості

Переробка сировини проводиться для того, щоб зробити її доступною в більш сумісній формі, де споживач може використовувати її більш ефективно. Переробка є поширеною практикою майже у всіх галузях промисловості, особливо у харчовій промисловості.

Термічна обробка є найбільш поширеним і традиційним способом обробки у процесі термічної стерилізації, пастеризації тощо. Термічна обробка може проводитися з використанням багатьох новітніх технологій, відомих як мікрохвильове нагрівання, інфрачервоне нагрівання, радіочастотне нагрівання. Індукційне нагрівання – нова технологія, яка досить поширюється під час пастеризації та стерилізації рідких продуктів, яка не застосовує енергію через гаряче повітря або пару.

Індукційне нагрівання є недослідженою сферою для харчової промисловості, хоча воно має багато переваг, завдяки яким використовується в інших галузях промисловості, таких як швидке та локалізоване нагрівання, зниження витрат, енергоефективність, миттєвий контроль, простота використання, універсальність, безпека та екологічність. Індукція створює електромагнітне поле в котушці для передачі енергії, що нагрівається. Індукційний нагрів також використовується як для побутового так і для комерційного приготування їжі.

Індукційний нагрів – це технологія електромагнітного нагріву, яка має ряд переваг, таких як висока безпека, масштабованість і висока енергоефективність. Індукційні нагрівачі більш ефективні та економічні, бо вони виділяють тепло, використовуючи енергію електромагнітного поля в магнітних матеріалах [1, 6, 8, 10]. Сьогодні все більш широке використання індукційного нагріву можна пояснити його головною перевагою – безконтактністю і практичною інерцією при передачі енергії від котушки індуктивності та перетворенні її в теплову.

Індукційний нагрів традиційно широко використовується в різних галузях промисловості як метод швидкого нагріву, що не вимагає прямого контакту з продуктом для передачі тепла. Сучасний прогрес в техніці, методах управління і конструкції індукційних нагрівальних компонентів, дозволив розробити високонадійні і економічні системи, зробивши цю технологію доступною і повсюдно поширеною.

Однак застосування цієї технології в харчовій промисловості все ще знаходиться на ранній стадії. Зокрема, оптимальні конструкції ще не визначені, а різні конструктивні та експлуатаційні параметри апаратів індукційного нагріву для використання в процесах сушіння, пастеризації, стерилізації та смаження харчових продуктів вивчені недостатньо [4, 6, 9].

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Індукційний нагрів, на відміну від інших методів, забезпечує об'ємну і практичну інерцію виділення тепла. Можливість швидкої зупинки і початку теплового впливу на оброблювальну сировину, а також висока точність регулювання процесу нагріву і його відтворюваність (рис. 2.2).

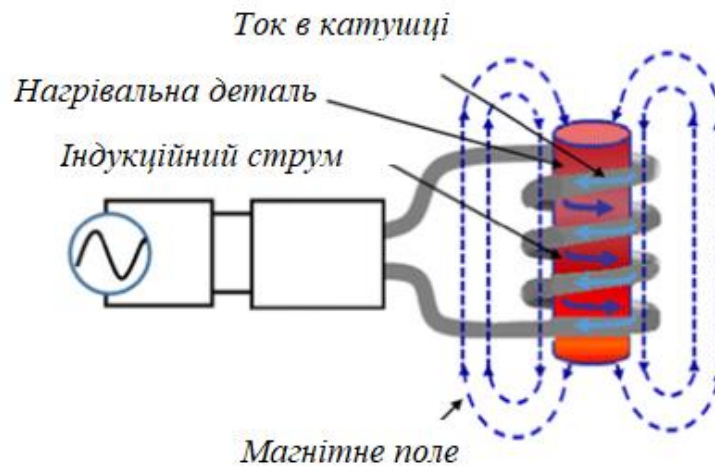


Рисунок 2.2 – Індукційний нагрівач

Традиційні способи нагріву забезпечують нагрів поверхні, а індукційний сприяє більш швидкому підвищенню температури при більш інтенсивній рівномірності виділення тепла, так як при взаємодії поля з нагрітим об'єктом в його обсязі виділяється тепла енергія. Як відомо, через хвильову структуру електромагнітного поля тепло виділяється нерівномірно і з часом вирівнюється теплопередачею [4, 7, 8]. У зв'язку з тим, що швидкість тепловіддачі залежить від властивостей матеріалу, то, відповідно, цей процес займає різний час. Вирівнювання температури для твердих діелектриків з низькою теплопровідністю може зайняти тривалий час.

При більш швидкій подачі енергії хвилями це може викликати локальний перегрів і ефект теплового вибуху. Для рідин, які мають високу теплопровідність, швидкість вирівнювання температури відбувається швидше, але також можуть утворюватися локалізовані зони перегріву, що може негативно позначитися на якості готового продукту.

Останнім часом багато досліджень присвячено різним підходам до розрахунку щодо перенесення індукції у процесі обробки харчових продуктів. Науковцями було проаналізовано вплив використання індукційних теплообмінників замість звичайних, які використовуються в процесах харчової промисловості на енергетичну ефективність [18]. Під час цього процесу система індукційного нагріву, розроблена для виконання тієї ж роботи з енергетичною ефективністю традиційного теплообмінника, була проаналізована чисельно. Було підраховано, що в індукційній системі буде досягнуто дуже високого рівня енергетичної ефективності порівняно зі звичайними теплообмінниками.

В іншому дослідженні було теоретично обґрунтовано та порівняно енергетичну ефективність двох різних систем пастеризації молока, включаючи індукційні та традиційні теплообмінні системи для нагрівання молока від 5°C до 75°C [18]. В результаті дослідження було виявлено, що система працює з набагато меншим енергоспоживанням, ніж традиційна система і з іншого боку, можна досягти набагато більших значень з точки зору енергетичної ефективності.

2.3 Процес теплової обробки молока з індукційним нагрівачем

Процес пастеризації молока залежить від багатьох чинників та відповідних технологічних вимог. Розглянемо деякі з них:

- швидке нагрівання: як правило, циркуляція теплоносія починається, як тільки починається наповнення чана, тим самим скорочуючи час нагрівання;
- негайне охолодження: у деяких конструкціях холодна вода циркулює зовні внутрішньої лінії, як тільки період утримання завершено;
- теплоносій має бути лише кілька градусів тепліше, ніж молоко, щоб запобігти утворення молочних каменів на поверхнях нагріву і мінімально пошкодити кремову лінію або ароматизатор;
- збовтування: збовтування молока в межах певного ступінь допомагає покращити тепловіддачу;
- перемішування: легше у випадку гарячої рідини, ніж в холодній, воно не повинно утворювати піну та травмувати кремову лінію.

На основі вищезазначеного, можна стверджувати, що тепло необхідне для пастеризації молока здійснюється індукційним нагрівачем. Процес теплової обробки молока з індукційним нагрівачем наведено на рисунку 2.3.

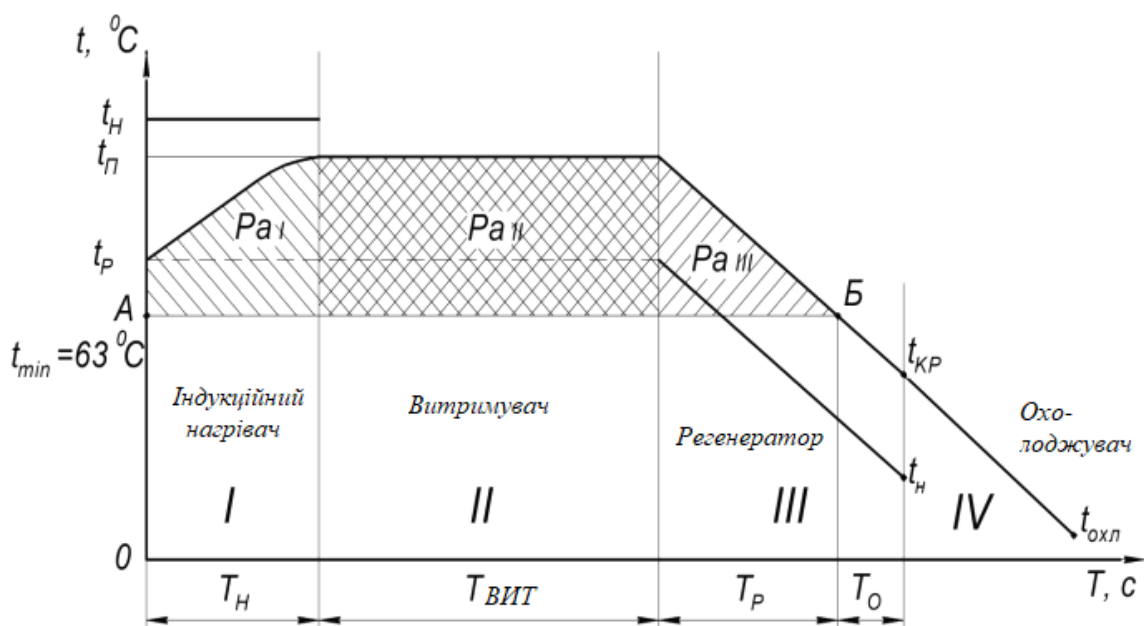


Рисунок 2.3 – Процес теплової обробки молока з індукційним нагрівачем

Температури: t_H – нагрівача, t_P – пастеризації, t_P – на вході в нагрівач, t_{KP} – на виході з регенеративної секції теплообмінного апарату, $t_{охл}$ – холодного молока на виході із установки. T_H – час перебування молока в нагрівачі; $T_{вит}$ – час перебування у витримувачі; T_P – час охолодження в секції регенеративного теплообміну; T_0 – час охолодження водою.

Молоко, нагріте до температури пастеризації, має підтримуватися при тій самій температурі протягом певного періоду часу, щоб досягти належної пастеризації. Це досягається в утримуючій секції або утримувачі. Хоча в ідеалі молоко має бути нагріте мінімум до $71,7^{\circ}\text{C}$ і витримуватися протягом 15 секунд, фактичну температуру і мінімальний час перебування молока в секції утримання завжди потрібно перевищувати. Це пов'язано з тим, що зниження температури молока під час протікання через утримуючу трубку стає неминучим.

Як правило, у нагрівальній секції молоко підігрівається гарячою водою, яка циркулює по замкнутому контуру насосом гарячої води. Температура гарячої води підтримується таким чином, щоб на всій ділянці була на $\sim 5^{\circ}\text{C}$ вище встановленої температури пастеризації. Температура за рахунок тепла, що передається молоком, додається за рахунок впорскування пари за допомогою парової батареї. Конденсат пари безперервно переливається гарячим контуром циркуляційної води [3, 6, 8, 9].

Вважається за доцільне замінити традиційну секцію на індукційний нагрів заснований на двох механізмах: джоулевому нагріванні та магнітному гістерезисі. Магнітний гістерезис часто ігнорують, оскільки він менш важливий фактор, ніж джоулев нагрів [18]. Просте пояснення гістерезису полягає в тому, що це енергія, що виробляється вібрацією молекул під магнітним полем і спостерігається в магнітних матеріалах, таких як сталі, нижче температури Кюрі. Причиною джоулева нагрівання є нагрівання, яке відбувається через питомий опір матеріалу через бажання вихрових струмів створити повний цикл.

Молоко охолоджується в регенераційній секції. Охолоджується до кінцевої температури зберігання в окремій холодильній секції за допомогою зовнішнього холодного середовища, яке циркулює по замкнутому контуру, як нагрівальна секція. Зазвичай пастеризоване молоко охолоджують при температурі нижче 7°C , якщо воно підлягає пасинкуванню і нижче 4°C , якщо воно перевозиться в тарі. Кінцеву температуру охолодженого молока в будь-якому випадку можна встановити занадто малу до початкової точки замерзання молока (близько $-0,55^{\circ}\text{C}$).

Як правило, швидкість потоку холодильного середовища є втричі більша пропускної здатності молока. Як і теплоносій для конкретного агрегату, він може бути оцінений шляхом прирівнювання тепла, втраченого молока, до тепла, отриманого при охолодженні середнього наступного.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Молоко витримують певний час при бажаній температурі для забезпечення зазначеного часу, а потім охолоджують. Технології, які зараз використовуються, необхідні допоміжні засоби для виробництва проміжних рідин, таких як гаряча вода та/або пара. Ризик для безпеки, які виникають через те, що рідина перебуває під високою температурою та тиском є одним із недоліків існуючих систем. Це підвищує ризик безпеки праці в середовищах де воно використовується [5, 7,10]. Проте теплова обробка харчових продуктів є процесом, який вимагає високої гігієни. Надмірна кількість обладнання, що використовується в механічних системах ускладнює постачання води та збільшує витрати на санітарію. Крім того, високотемпературні проміжні рідини під тиском, які виробляються для термічної обробки в існуючих системах, повинні охолоджуватися після використання через ризик забруднення навколишнього середовища. Це ще один фактор, який збільшує експлуатаційні витрати.

Основною метою системи управління технологічним процесом при пастеризації є забезпечення того, щоб молоко отримало бажану витримку при заданій температурі. На це впливає кілька факторів, а саме: швидкість потоку молока та теплоносія, їх відповідних температурних градієнтів і характеристик теплопередачі. Час витримки залежить від довжини утримуючої трубки та мінімальної швидкості потоку в утримуючій трубці з урахуванням переважаючого типу потоку. У більшості видів пастеризаційних установок встановлюється температура молока після витримки. До цього температура є вище встановленої температури пастеризації. Щоб уникнути помилок через коливання швидкості часто використовується регулятор.

Теплова продуктивність Q_{Π} нагрівача [6]

$$Q_{\Pi} = Mc\tau = Mc(1 - \xi)(t_{\Pi} - t_{H})$$

Теплова потужність індукційного нагрівача [6]

$$P_T = Wc(1 - \xi)(t_{\Pi} - t_{H})$$

де W – втрати сировини, кг/с.

2.4 Удосконалена конструкція індукційного нагрівача з витримувачем

У харчовій промисловості термічна обробка використовується для зміни властивостей харчових продуктів і продовження терміну їх зберігання без хімічних допоміжних засобів. Теплова обробка залежить від сировини та кінцевої структури бажаного продукту.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Харчова промисловість є однією з найбільш енергоємних. Пар і гаряче повітря є основними традиційними джерелами нагріву для багатьох харчових процесів. Сьогодні в існуючих системах, які використовуються для термообробки харчових продуктів передача тепла сировині досягається через пластину, трубку, корпус та забезпечена багатоконтактними теплообмінниками. У механічних системах харчові продукти доводяться до температури термічної обробки прямо або опосередковано за допомогою проміжних рідин, таких як гаряча вода або пара. Тому доцільно оптимізувати конструкційні та експлуатаційні параметри апаратів для пастеризації молока на основі індукційного нагріву.

Пастеризатор молока з роторним нагрівачем, який підлягає удосконаленню, наведено на рисунку 2.4, технічні характеристики в таблиці 2.1.

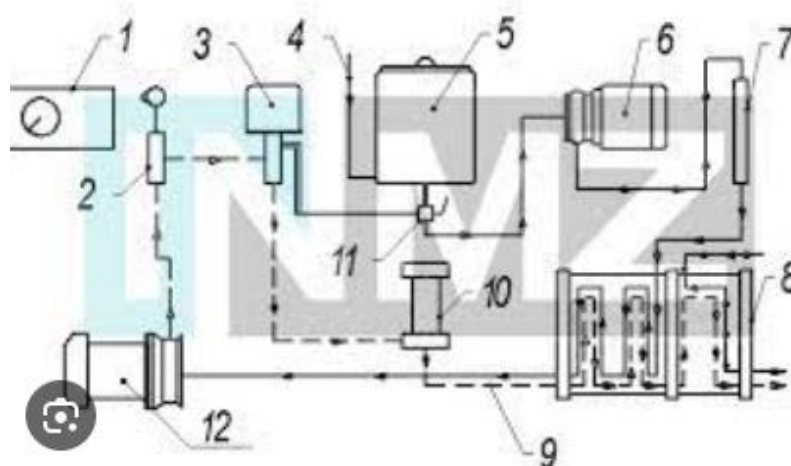


Рисунок 2.4 – Пастеризатор молока

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики

Показники	ПМР-2 ВТ
Продуктивність, л/год	1600
Температура пастеризації, °С	від 70 до 90
Встановлена потужність, кВт	10
Коефіцієнт регенерації тепла, %	80
Теплопродуктивність, 10 ³ кДж/год (у т.ч. ел. енергія)	36
Питомі витрати енергії, кДж/кг	60
Маса, кг	250
Питома металоємність, кг/т	417

Як зазначалося раніше, індукційний нагрів, на відміну від інших методів, забезпечує об'ємну і практичну інерційність тепловиділення, тобто можливість швидкого припинення і початку теплового впливу на оброблюваний матеріал, а також висока точність регулювання нагріву процес і його відтворюваність. Традиційні способи забезпечують нагрівання поверхні, а індукційний метод сприяє швидшому підвищенню температури з більш інтенсивним рівномірним тепловиділенням при взаємодії поля з нагрітим об'єктом, в його об'ємі виділяється тепла енергія. Як відомо, завдяки хвильовій структурі електромагнітного поля тепло виділяється нерівномірно і з часом вирівнюється шляхом теплопередачі.

Через те, що швидкість теплопередачі залежить від властивостей сировини, то, відповідно, цей процес займає інший час. Вирівнювання температури з низькою теплопровідністю може зайняти тривалий час. Для рідин що мають високу теплопровідність, швидкість вирівнювання температури швидше, але також можуть утворюватися локалізовані зони перегріву, що може мати негативний вплив на якість готового продукту. Індукційний нагрів порівняно з іншими методами електричного нагріву має більш високий ККД (понад 90%) і більший термін служби.

У процесі пошуку алгоритму удосконалення конструкції пастеризатора молока із застосування індукційного нагріву, вважається, що найбільш раціональною є конструкція циліндричного індуктора. Виходячи з вищевикладеного, пропонується використовувати індукційний нагрівачів як пастеризатор об'єднавши в одній конструкції нагрівач і витримувач.

Циліндр, коли обмотка включається під дією електромагнітного поля нагрівається до заданої температури. Стрижень нагрівається, відповідно нагрівається і молоко (Додаток В). Індукційний нагрів заснований на електричних струмах, що виникають у металі. Виникаючі електричні струми викликають утворення тепла [6, 7, 9, 12]. Основними компонентами індукційної системи є: котушка з джерелом живлення та заготовкою, яка забезпечує змінний струм. Проходження змінного струму через котушку створює магнітне поле на заготовці. Це також викликає вихрові струми. Інтенсивність цих течій

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

зменшується з віддаленням від поверхні. З цих причин він знаходить широке застосування в індукційному та поверхневому нагріванні. Однак тепло може передаватися всьому матеріалу з теплопередачею. Тепловіддача краща, ніж традиційне нагрівання. Крім того, можна визначити і збільшити нагріваний переріз і швидкість нагріву, правильно вибравши конструкцію змійовика або частоту.

Індукційний нагрів заснований на двох механізмах: джоулевому нагріванні та магнітному гістерезисі. Магнітний гістерезис часто ігнорують, оскільки він менш важливий фактор, ніж джоулев нагрів. Просте пояснення гістерезису полягає в тому, що це енергія, що виробляється вібрацією молекул під магнітним полем і спостерігається в магнітних матеріалах, таких як сталі, нижче температури Кюрі [16]. Причиною джоулева нагрівання є нагрівання, яке відбувається через питомий опір матеріалу через бажання вихрових струмів створити повний цикл. На рисунку 2.5 показано магнітне поле, створене мідною котушкою, по якій тече електричний струм. Графічно струми формуються всередині зразка за допомогою силових ліній магнітного поля. Ці струми викликають опір зразка і, отже, нагрівання об'єкту.

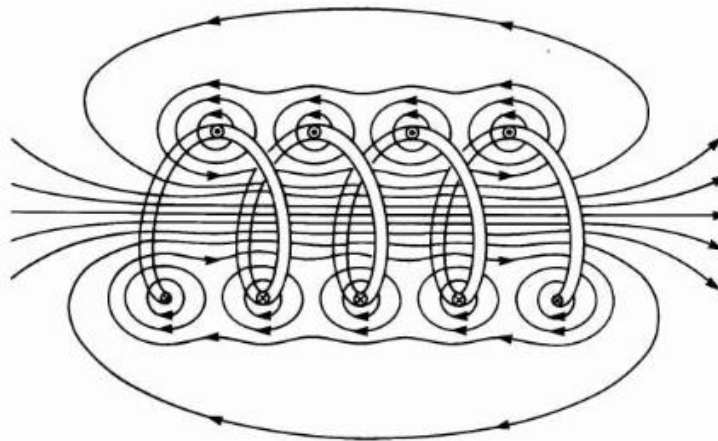


Рисунок 2.5 – Лінії магнітного струму, що проходять через котушку при індукційному нагріванні

Джоулеве нагрівання, яке є найважливішим явищем, яке забезпечує нагрівання за допомогою індукції, спостерігається в немагнітних матеріалах, таких як алюміній, мідь і сталі. Ці два описані вище механізми викликають нагрівання через нерівномірний розподіл струму по поперечному перерізу провідника. Приблизно 86% потужності зосереджено в поверхневому шарі провідника. Вибір конструкції котушки та частоти індукційного струму та потужності індукційного пристрою дозволяє контролювати нагрівається ділянку та швидкість нагріву [18]. Індукційне нагрівання є альтернативою традиційним джерелам тепла, що використовуються в харчовій промисловості, так само як інфрачервоне та мікрохвильове нагрівання.

При індукційному нагріванні циліндричної труби, яка є сердечником, тепло у її поперечному перерізі виділяється нерівномірно. Потужність на одиницю обсягу внутрішніх джерел тепла знижується мірою проникнення електромагнітної хвилі в глиб металу.

Поперечний переріз труби індуктора дозволить визначити розподіл температур, а максимальна температура буде спостерігатися на мінімальному радіусі труби. В удосконаленій конструкції обладнання передбачено об'єднання індукційного нагрівача та витримувача.

Витримувач являє собою бак з сорочкою з такими конструкційними особливостями:

- довжина дорівнює довжині індуктора, задля можливості з'єднання;
- внутрішній діаметр камери більше за діаметр індуктора;
- товщина стінки однакові для двох деталей, які будуть підлягати різьбовому з'єднанню (Додаток В).

Удосконалена конструкція представлена на рисунку 2.6. Зовні корпусу розміщена обмотка індуктора 9, поверх якої розташовується витримувач 10, що являє собою кільцеву ємність. З нагрівача рідина надходить у витримувач через трубу 11. Вихід пастеризованого молока здійснюється через вихідний патрубок 12. Зовні пристрій захищений теплоізоляційним шаром 13 [6, 9, 10, 16].

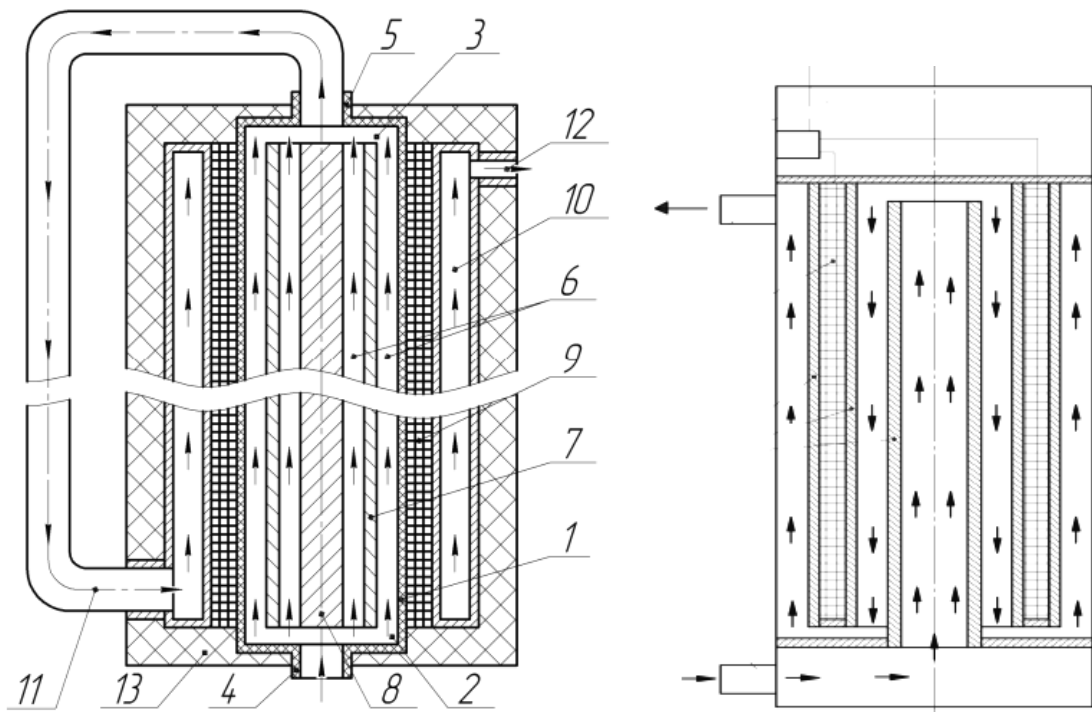


Рисунок 2.6 – Удосконалена конструкція

В апаратах індукційного типу струм, що подається до обмотки, створює обертове поле, яке перетинаючи металеві труби заповнені молоком, індукує в них вихрові струми, під дією яких труби нагріваються та віддають теплоту

молоку [5, 8]. Крім того, завдяки інтеграції зазначеної конструкції в процес термічної обробки харчових продуктів, які передбачають дуже високе споживання енергії та високі витрати, необхідність використання проміжних рідин, таких як гаряча вода та пара, буде усунена, а системи, які можуть виконувати ту саму роботу з набагато меншою кількістю обладнання без потреби в теплообмінниках, які легше контролювати з точки зору гігієни.

На основі вище зазначеного можна стверджувати, що індукційний нагрів – це технологія електромагнітного нагріву, яка має ряд переваг, таких як висока безпека і висока енергоефективність. Індукційні нагрівачі більш ефективні та економічні, бо вони виділяють тепло, використовуючи енергію електромагнітного поля. Сьогодні все більш широке використання індукційного нагріву можна пояснити його головною перевагою – безконтактністю і практичною інерцією при передачі енергії від котушки індуктивності і перетворенні її в теплову.

Основною метою системи управління технологічним процесом при пастеризації є забезпечення того, щоб молоко отримало бажану витримку при заданій температурі. На це впливає кілька факторів, а саме: швидкість потоку молока та теплоносія; їх відповідних температурних градієнтів і характеристик теплопередачі. Час витримки передбачається від довжини утримуючої трубки та мінімальної швидкості потоку в утримуючій трубці з урахуванням переважаючого типу потоку. У більшості видів пастеризаційних установок встановлюється температуру молока після витримки.

У процесі пошуку алгоритму удосконалення конструкції пастеризатор молока із застосування індукційного нагріву, вважається, що найбільш раціональною є конструкція циліндричного індуктора. Виходячи з вищевикладеного, пропонується використовувати індукційний нагрівачів як пастеризатор об'єднавши в одній конструкції нагрівач і витримувач.

Індукційний нагрів заснований на двох механізмах: джоулевому нагріванні та магнітному гістерезисі. Магнітний гістерезис часто ігнорують, оскільки він менш важливий фактор, ніж джоулев нагрів. Просте пояснення гістерезису полягає в тому, що це енергія, що виробляється вібрацією молекул під магнітним полем і спостерігається в магнітних матеріалах, таких як сталі, нижче температури Кюрі. Причиною джоулева нагрівання є нагрівання, яке відбувається через питомий опір матеріалу через бажання вихрових струмів створити повний цикл. Графічно струми формуються всередині зразка за допомогою силових ліній магнітного поля. Ці струми викликають опір зразка і, отже, нагрівання зразка.

Завдяки інтеграції зазначеної конструкції в процес термічної обробки харчових продуктів, які передбачають дуже високе споживання енергії та високі витрати, необхідність використання проміжних рідин, таких як гаряча вода та пара, буде усунена, а системи, які можуть виконувати ту саму роботу з набагато меншою кількістю обладнання без потреби в теплообмінниках, які легше контролювати з точки зору гігієни.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження якості споживаного молока

Перевірка процесу пастеризації в лабораторних умовах

Тест PasLite – це міжнародно визнаний метод, який використовується молочними заводами та виробниками харчових продуктів для перевірки пастеризації багатьох видів молочних продуктів. Тест PasLite перевіряє повноту пастеризації молока, виявляючи лужну фосфатазу, природний фермент у молоці, який руйнується під впливом тепла та часу витримки пастеризації. Тест займає 3 хвилини і кілька зразків можна запускати одночасно, однак одночасно можна прочитати лише один зразок [17].

Коли молочний зразок змішують з реактивами PasLite та інкубують, отриманий розчин випромінює світло в кількості, прямо пропорційній присутньому ферменту фосфатази. Показники фосфатази понад 350 МОд/л вказують на проблеми з пастеризацією продукту, відповідно до вимог ЄС.

Тестування якості мікроорганізмів при споживанні молока

Одне з таких історичних випробувань є тест Резазуріна, який визначає мікробіологічну якість молока. Теорія цього тесту полягає в тому, що резазурин, синій барвник, відновлюється в окислювально-відновній реакції, оскільки бактерії ростуть у молоці, вони витрачають кисень, і це може змінити барвник Резазурин до рожевого кольору. Все, що потрібно, це 10 мл молока, 1 мл розчину резазурину (0,05%), добре перемішати і витримувати при температурі 37°C протягом 2 хв [10, 17]. Колір змінюється від синього до лілового, від фіолетового до рожевого і, нарешті, безбарвний і порівнюється зі стандартизованими кольоровими дисками або вимірюється в приладі під назвою компаратор для візуального зіставлення зразків з відносно темними кольорами. Показник ≥ 4 , який можна порівняти з оцінкою загальної кількості бактерій 0,1–2 млн КУО/мл є задовільним результатом якості молока.

Як і всі інші види їжі, молоко та молочні продукти можуть викликати хвороби, що передаються через їжу. На якість молока можуть впливати такі фактори, як забруднення та ріст патогенів, хімічні добавки, забруднення навколишнього середовища та розкладання поживних речовин. Мікробіологічні небезпеки є серйозною проблемою безпеки харчових продуктів у молочному секторі, оскільки молоко є ідеальним середовищем для росту бактерій та інших мікробів. Вони можуть бути введені в молоко з навколишнього середовища або від самих молочних тварин [15, 16, 17, 18]. Молоко може містити шкідливі мікроорганізми, такі як сальмонела, кишкова паличка тощо.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Давиденко</i>			Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					34	3
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Хімічна небезпека може бути ненавмисно внесена в молоко та молочні продукти, що робить їх небезпечними та непридатними для вживання. Молоко може бути забруднене, коли дійні тварини споживають корми та/або воду, що містять хімічні речовини. Іншими причинами забруднення можуть бути недостатній контроль за обладнанням, навколишнім середовищем та приміщеннями для зберігання молока. До хімічної небезпеки належать миючі засоби, дезінфікуючі засоби для молочних продуктів, протипаразитарні засоби, антибіотики, гербіциди, пестициди та фунгіциди.

Якісне сире молоко має бути без сміття та осаду, не мати сторонніх присмаків, мати відповідний колір та запах, низький вміст бактерій, не містити хімічних речовин (наприклад, антибіотиків, миючих засобів), мати нормальний склад і кислотність. Якість сирого молока є основним фактором, що визначає якість молочної продукції. Якісна молочна продукція може бути виготовлена тільки з доброякісної сировини.

Тестування молока та контроль якості повинні проводитися на всіх етапах молочної ланцюга. Молоко можна перевірити на [15, 16, 17,18]:

- кількість – вимірюється в об'ємі;
- органолептичні показники – зовнішній вигляд, смак і запах;
- композиційні характеристики – вміст жиру, твердих речовин і білка;
- фізико-хімічні характеристики;
- гігієнічні характеристики – гігієнічні умови, чистота і якість;
- фальсифікація – розбавлення водою, додавання консервантів, твердих речовин тощо;
- залишки препарату.

Молоко може бути звичайним напоєм нашого щоденного раціону. Але не кожного разу молоко, яке ми приймаємо є відповідної якості. У ньому можуть міститися формалін, крохмаль і вода в якості домішок. Фасоване молоко відомих брендів, а також молоко, придбане у продавців молока, може бути фальсифікованим, тому перед вживанням необхідно перевірити наявність молока.

Тестування якості молока в домашніх умовах

Тест на чистоту. Закип'ятимо молоко на повільному вогні протягом 2-3 годин, поки воно не застигне і не стане обтяжливим. Твердий, шорсткий залишок означає, що молоко фальсифіковане, тоді як маслянистий залишок означає, що воно відповідної якості.

Перевірка на синтетичність молока. Синтетичне молоко створюється шляхом поєднання хімічних речовин і таких речей, як мило, в натуральному молоці. Синтетичне молоко можна просто впізнати за поганим смаком. При розтиранні він стає мильним, а при нагріванні стає жовтуватим.

Вода в молоці: Вода в молоці може бути небезпечною для здоров'я. Для перевірки необхідно додати краплю молока на похилу поверхню і дати їй стекти вниз. Якщо молоко залишає за собою стежку, воно не є чистим, в іншому випадку воно корисне.

Крохмаль в молоці. Якщо було додано крохмаль у молоко, його можна знайти додавши дві столові ложки солі (йоду) до 5 мл молока. Суміш посиніє, якщо молоко нечисте, інакше воно залишиться без змін (рис. 3.1).

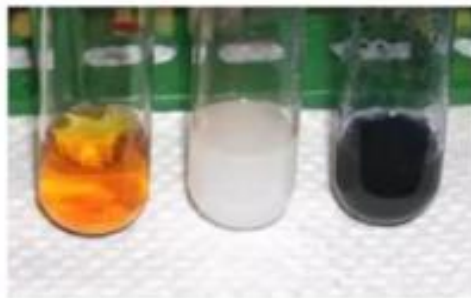


Рисунок 3.1 – Виявлення крохмалю в молоці в домашніх умовах

Жовтогарячий негативний тест, пурпурно-чорний позитивний тест на виявлення крохмалю в молоці.

Тест методи перевірки якості молока (рис. 3.2).

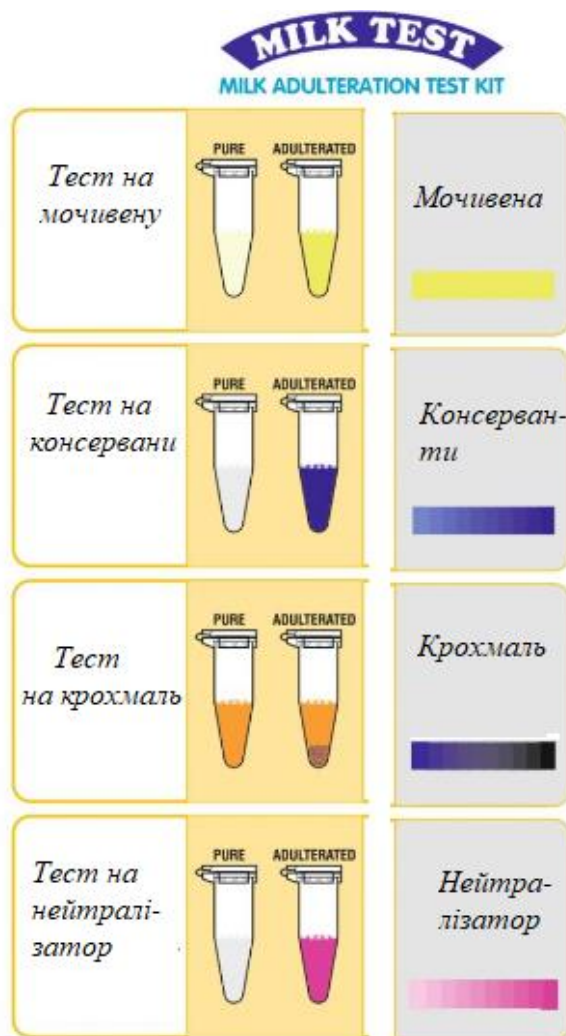


Рисунок 3.2 – Тест методи перевірки якості молока

Формалін в молоці. Формалін використовується з метою консервації. Оскільки він прозорий за кольором і може зберігати молоко протягом тривалого часу, виробники використовують його з метою фальсифікації. Для перевірки на наявність формаліну в молоці беруть 10 мл молока в пробірку і капають в нього 2-3 краплі сірчаної кислоти. Молоко, яке містить формалін змінить колір.

Отже, молоко є цінним та поживним продуктом, який має короткий термін зберігання. Воно дуже швидко псується, оскільки є чудовим середовищем для росту мікроорганізмів, особливо бактеріальних патогенів, які можуть спричинити псування та захворювання у споживачів. Переробка молока дозволяє зберігати молоко протягом днів, тижнів або місяців і допомагає зменшити хвороби, що передаються через їжу.

Молоко може бути звичайним напоєм нашого щоденного раціону. Але не кожного разу молоко, яке ми приймаємо є відповідної якості. У ньому можуть міститися формалін, крохмаль і вода в якості домішок. Фасоване молоко відомих брендів, а також молоко, придбане у продавців молока, може бути фальсифікованим, тому перед вживанням необхідно перевірити наявність молока.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена дослідженню процесу та удосконаленню апарату для пастеризації молока. У роботі зазначено, що молоко є цінним та поживним продуктом, який має короткий термін зберігання. Воно дуже швидко псується, оскільки є чудовим середовищем для росту мікроорганізмів, особливо бактеріальних патогенів, які можуть спричинити захворювання у споживачів. Переробка молока дозволяє зберігати молоко протягом днів, тижнів або місяців і допомагає зменшити хвороби, що передаються через їжу.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд обладнання для пастеризації молока. Розглянуто методи термічної обробки, що застосовуються у харчовій промисловості для забезпечення безпеки та збереження. Зазначено, термін придатності молока може бути продовжений на кілька днів за допомогою таких методів, як охолодження (що є фактором, який швидше за все впливає на якість сирого молока) або сквашування. Пастеризація – це процес термічної обробки, яка продовжує термін придатності молока до вживання і знижує кількість можливих патогенних мікроорганізмів до рівнів, при яких вони не представляють значної небезпеки для здоров'я.

Молоко може бути додатково оброблене, щоб перетворити його на високоцінні, концентровані та легко транспортовані молочні продукти з тривалим терміном зберігання, такі як масло, сир та топлене масло. За визначенням «пастеризація молока» означає процес нагрівання кожної частинки молока до певної температури, витримання його при тій самій температурі протягом певного часу з подальшим швидким охолодженням до температури менше ніж 7°C. Проте можуть бути численні комбінації часу та температур для термічної обробки та отримання бажаних мікробних або хімічних ефектів таких як покращення якості зберігання, знищення патогенів або знищення всіх мікроорганізмів. Більш висока температура з довшим часом витримки може привести до різкого зменшення кількості мікроорганізмів але це також пошкоджує поживні компоненти в молоці, отже, стає необхідним вибрати комбінацію часу і температури, яка призведе до максимального знищення мікроорганізмів з мінімальною втратою поживних речовин.

Другий розділ присвячено удосконаленню конструкційно-технологічних параметрів нагрівача. Зазначено, що перспективним є індукційний нагрів – це технологія електромагнітного нагріву. Індукційний нагрів, на відміну від інших методів, забезпечує об'ємну і практичну інерцію виділення тепла. Можливість швидкої зупинки і початку теплового впливу на оброблювальну сировину, а також висока точність регулювання процесу нагріву. Головною перевагою є безконтактність при передачі енергії від котушки індуктивності і перетворення її в теплову.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Давиденко</i>			Дослідження процесу та удосконалення апарату для пастеризації молока	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					38	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Індукційний нагрів – це технологія електромагнітного нагріву, яка має ряд переваг, таких як висока безпека і висока енергоефективність. Індукційні нагрівачі більш ефективні та економічні, бо вони виділяють тепло, використовуючи енергію електромагнітного поля. Сьогодні все більш широке використання індукційного нагріву можна пояснити його головною перевагою – безконтактністю і практичною інерцією при передачі енергії від котушки індуктивності і перетворенні її в теплову.

У процесі пошуку алгоритму удосконалення конструкції пастеризатор молока із застосування індукційного нагріву, вважається, що найбільш раціональною є конструкція циліндричного індуктора. Індукційний нагрів заснований на двох механізмах: джоулевому нагріванні та магнітному гістерезисі. Магнітний гістерезис часто ігнорують, оскільки він менш важливий фактор, ніж джоулев нагрів. Просте пояснення гістерезису полягає в тому, що це енергія, що виробляється вібрацією молекул під магнітним полем і спостерігається в магнітних матеріалах, таких як сталі, нижче температури Кюрі. Причиною джоулева нагрівання є нагрівання, яке відбувається через питомий опір матеріалу через бажання вихрових струмів створити повний цикл. Графічно струми формуються всередині зразка за допомогою силових ліній магнітного поля. Ці струми викликають опір зразка і, отже, нагрівання зразка.

Запропоновано об'єднати в одній конструкції нагрівач і витримувач. Завдяки інтеграції зазначеної конструкції в процес термічної обробки харчових продуктів, які передбачають дуже високе споживання енергії та високі витрати, необхідність використання проміжних рідин, таких як гаряча вода та пара, буде усунена, а системи, які можуть виконувати ту саму роботу з набагато меншою кількістю обладнання без потреби в теплообмінниках, які легше контролювати з точки зору гігієни.

У третьому розділі розглянуто методи перевірки якості молока, які застосовуються в лабораторних умовах та домашніх умовах. Зазначено, що якісне сире молоко має бути без сміття та осаду, не мати сторонніх присмаків, мати відповідний колір та запах, низький вміст бактерій, мати нормальний склад і кислотність. Якісна молочна продукція може бути виготовлена тільки з доброякісної сировини.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ashton T. R. Ultra-high temperature treatment of milk and milk products. *World animal*. 2005. Vol. 23. P. 37–43.
2. Robe K. Umprave flourord of pasteriged products. *Food process*. 2006. Vol. 37. P. 84–86.
3. Rowe M.T. Bacteriological quality of row milk effect on the quality of dairy products. *Food Research International*. Vol. 8. P. 178–210.
4. Pasteurization in the dairy and food processing industrie. URL: https://library.e.abb.com/public/81ad901d59844fd3ba52a1ac77bcf3b6/TD_RandC_019-EN_A.pdf.
5. Modelling and optimisation of milk pasteurisation processes. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570794604802256>.
6. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
7. Гулий І.С., Пушанко М.М. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.
8. Драгілев А.І. Технологічні машини і апарати харчових виробництв. Колос. 1999. 376 с.
9. Ковецький Г.Д. Процеси і апарати харчових виробництв. Агропромиздат. 1991. 432.
10. Панфілов В.О. Технологічні лінії харчових виробництв: створення технологічного потоку. К.: Харчова промисловість, 2006. 472 с.
11. Машини та обладнання переробних виробництв / О.В. Дацишин [та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. К.: Вища освіта, 2005. 159 с.
12. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва / І.П. Паламарчук [та ін.]. Львів: Вид-во «Бескид Біт», 2006. 368 с.
13. Spalart P.R., Rumsey C.L. Effective inflow conditions for turbulence models in aerodynamic calculations. *AIAA Journal*, 2007. Vol. 45, No. 10. P. 2544–2553.
14. Thayer D.W., Josephson E.S., Brynjolfsson A. Radiation pasteurization of food. USA, Ames (IA): Issue paper, 1996. No. 7. 10 p.
15. Панфілов В.О. Технологічні лінії харчових виробництв: створення технологічного потоку. К.: Харчова промисловість, 2006. 472 с.
16. Milk pasteurization and equipment. URL: https://www.researchgate.net/publication/332590980_Milk_Pasteurization_and_Equipment/figures.
17. The dairy industry: process, monitoring, standards, and quality. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/63169>.
18. Gıda işleme proseslerinde indüksiyon ile ısıtma kullanımınındeğerlendirilmesi. URL: https://www.researchgate.net/publication/332321536_Evaluation_of_Using_Induction_Heating_in_Food_Processing.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40