

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.
« ____ » _____ 2024 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: **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З**
ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА В УМОВАХ ОБМЕЖЕНЬ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ»

Виконав:

здобувач вищої освіти _____ Груньковський Вадим Олегович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

_____ професор, д.т.н., професор Хорольський В.П. _____
(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

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.
« » 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Груньковському Вадиму Олеговичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Інтенсифікація обладнання технологічної лінії з виробництва морозива в умовах обмежень енергетичних ресурсів»

Керівник роботи д.т.н., професор Хорольський В.П.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «08» травня 2024 р. № 59-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «09» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Техніко-технологічні дані про обладнання ПАТ «Криворіжхолодильник».

2. Фахова та методична література.

3. Наукові публікації.

4. Навчальні підручники, довідники, посібники

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналітичний аналіз технологічного обладнання з виробництва морозива.

3. Методи підвищення інтенсифікації обладнання та енергоефективності холодильних установок.

4. Результати досліджень виробництва морозива в умовах обмежень енергетичних ресурсів.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

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

Устаткування для виготовлення сумішей морозива.

Графічні залежності коефіцієнта динамічної в'язкості сумішей різних видів.

Технологічна блок-схема з виробництва морозива.

Схема енергозабезпечення технологічного обладнання з виробництва морозива.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2024 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Опрацювання літературних джерел і складання змісту та вступу	До 1.10.2024
2	Написання першого розділу	До 15.10.2024
3	Написання другого розділу	До 25.10.2024
4	Написання третього розділу	До 10.11.2024
5	Подання роботи керівнику на перевірку, усунення недоліків, отримання відгуку	До 12.11.2024
6	Оформлення роботи і подання до захисту	До 20.11.2024

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Груньковський В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хорольський В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг кваліфікаційної роботи – 67 сторінки, в тому числі основного тексту – 67 сторінок. Робота містить 18 рисунків, 7 таблиць. Список використаних джерел складається з 18 найменувань.

Метою кваліфікованої роботи магістра є інтенсифікація обладнання й технологічних процесів виробництва морозива в періоди обмежень енергоресурсів.

Для виконання цієї мети в кваліфікаційній роботі магістра розроблені такі питання:

1. Проведено аналіз режимів роботи обладнання та технологічного процесу виготовлення морозива в умовах сталого енергозабезпечення;
2. Розроблені та проаналізовані методи підвищення інтенсифікації обладнання та енергоефективності холодильних установок для операцій фрезерування та закалювання морозива;
3. Розроблено вимоги до якості морозива в умовах сталого енергозабезпечення
4. Проведено дослідження впливу обмеження енергозабезпечення на якість морозива;
5. Розроблено автоматизовану систему керування виробництвом морозива в умовах обмежень енергоресурсів та віялових відключень.

Об'єктом досліджень є: аналіз робочих характеристик обладнання технологічної лінії з виробництва морозива її інтенсифікації в умовах обмеження енергетичних ресурсів.

Предметом дослідження є принципи і методи впливу стану обладнання на вихідні показники якості морозива в період обмежень енергоресурсів.

Наукові та практичні результати роботи: для умов роботи підприємств-виробників морозива розроблено автоматизовану систему керування технологічною лінією з виробництва морозива в період віялових відключень та енергозабезпечення виробництва за рахунок включення резервних джерел, а саме когенераційних установок потужністю 100 кВт, які забезпечують постачання електрики та тепла без втрати якості продукції та продуктивності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: морозиво, якість, обладнання, енергоефективність, керування, обмеження енергоресурсів, когенераційна установка.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА	8
1.1. Технологічний процес виготовлення морозива	8
1.2. Устаткування для виготовлення сумішей морозива	15
1.3. Устаткування для змішування сировини	18
1.4. Устаткування для пастеризації сумішей	20
1.5. Гомогенізатори	24
1.6. Охолоджувачі	25
1.7. Поточні лінія для здійснення технологічного процесу	28
Висновки до розділу 1	29
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК	31
2.1. Оптимізація основних параметрів у процесі виготовлення морозива	31
2.2. Теплофізичні властивості морозива	37
2.3. Удосконалення обладнання для виготовлення морозива	40
2.4. Розрахунок енергетичних чинників та теплоти у виробництві морозива	46
Висновки до розділу 2	51
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА В УМОВАХ ОБМЕЖЕНЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ	52
3.1. Вимоги до якості морозива в умовах сталого енергозабезпечення	52
3.2. Дослідження морозива на якість в умовах обмеження енергозабезпечення	55
Висновки до розділу 3	59
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
Розроб.		Груньковський			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевір.		Хорольський			5	1	
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський			ЗМІСТ		

ВСТУП

Актуальність роботи. У період повномасштабної війни російської федерації проти України виробничі потужності харчової промисловості, а саме молочарство забезпечує населення країни та країн ЄС високоякісною продукцією. Серед цієї продукції великим попитом у населення користується морозиво, випуск якого в Україні перевищує 150 тис. т. на рік. Найбільшими виробниками морозива в Україні є чотири компанії (Ласунка, Львівський холодильник, ТМ, Лімо та ін.), які забезпечують 26,7 % виробництва морозива.

На Криворіжжі морозиво виробляє ПАТ «Криворіжхолодильник», який виробляє продукцію на молочній основі з натуральними інгредієнтами. Ці сорти морозива відносять до крафтових сортів морозива, тобто високовітамізованих продуктів розроблених для людей, які проживають на територіях зі забрудненням. В останні роки корпоративне підприємство накопичило значний досвід виробництва продукції в умовах обмежень енергетичних ресурсів, стабілізувавши виробничі потужності за рахунок впровадження розподіленої енергетики з автоматизованими системами керування включення резервних джерел. При цьому важливим аспектом виробництва є якість продукції в умовах обмежень потужності сталого енергозабезпечення та віялових відключень. Ось чому виникла необхідність проведення додаткових досліджень щодо моніторингу функціонування та розвитку обладнання підприємства в умовах обмежень енергоресурсів і їх вплив на якість продукції підприємства.

Мета та задачі дослідження. Метою кваліфікованої роботи магістра є інтенсифікація обладнання й технологічних процесів виробництва морозива в періоди обмежень енергоресурсів.

Для виконання цієї мети в кваліфікаційній роботі магістра розроблені такі питання:

1. Проведено аналіз режимів роботи обладнання та технологічного процесу виготовлення морозива в умовах сталого енергозабезпечення.
2. Розроблені та проаналізовані методи підвищення інтенсифікації обладнання та енергоефективності холодильних установок для операцій фрезерування та закалювання морозива.
3. Розроблено вимоги до якості морозива в умовах сталого енергозабезпечення.
4. Проведено дослідження впливу обмеження енергозабезпечення на якість морозива.
5. Розроблено автоматизовану систему керування виробництвом морозива в умовах обмежень енергоресурсів та віялових відключень.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Груньковський</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Хорольський</i>					6	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Об'єкт досліджень. Об'єктом досліджень є: аналіз робочих характеристик обладнання технологічної лінії з виробництва морозива її інтенсифікації в умовах обмеження енергетичних ресурсів.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є принципи і методи впливу стану обладнання на вихідні показники якості морозива в період обмежень енергоресурсів.

Наукові та практичні результати роботи. Для умов роботи підприємств-виробників морозива проведено дослідження впливу енергозабезпечення на якісні показники морозива та розроблено автоматизовану систему керування технологічною лінією з виробництва морозива в період віялових відключень й енергозабезпечення виробництва за рахунок включення резервних джерел, а саме когенераційних установок потужністю 100 кВт, які забезпечують постачання електрики та тепла без втрати якості продукції та продуктивності.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

1.1. Технологічний процес виготовлення морозива

Морозиво – це багатофазна м'яка тверда речовина, що складається з кристалів льоду, міцел казеїну, повітряних клітин і крапель емульсії (як окремих так і кластерних), втілених у незамороженій фазі сироватки, яка містить розчинені компоненти. Ці розрізнені частини взаємодіють, коли морозиво тане в роті споживача, що визначає загальну якість або прийнятність продукту. Контроль формування цих різних фаз під час замерзання морозива вимагає розуміння передових інженерних принципів. Незважаючи на те, що заморожені десерти існують століттями, сучасні виробничі процеси використовують передовий контроль для забезпечення ефективної роботи, що створює продукти з бажаними атрибутами. Сучасна морозильна камера зі скребковою поверхнею ефективно створює структури, необхідні для заморожених десертів.

Зокрема, контроль за створенням фази льоду має вирішальне значення для якості продукції та терміну зберігання. Численні кристали льоду розміром менше приблизно 50 мкм створюють бажану гладку кремову текстуру [1-4]. Морозильна камера повинна створювати ці маленькі кристали льоду, а також контролювати інші фази (тобто повітря та жир). Однак дрібні кристали льоду, що утворюються в морозильній камері, нестабільні. Їх висока поверхнева енергія призводить до рекристалізації. Щоб зберегти маленькі кристали льоду, умови зберігання повинні мінімізувати механізми рекристалізації, при якому дрібні кристали будуть розчинятися і знову осідати на більші кристали.

Технологічний процес приготування сумішей морозива включає підготовку і змішування сировини, фільтрування суміші, її пастеризацію, гомогенізацію (для жировмісних сумішей), охолодження, нормалізацію (за потреби) та зберігання. Процес приготування морозива починається зі створення міксу з складових інгредієнтів. Вершки, або якийсь інший молочний інгредієнт і цукор є основними компонентами, з яких складається основна маса суміші для морозива. Також можуть бути додані різноманітні інгредієнти, які покращують продукт або знижують вартість. Емульгатори, як правило, необхідні для управління стабільністю емульсії. Стабілізатори (наприклад, желатин) часто додають для підвищення в'язкості та продовження терміну зберігання. Інші інгредієнти, які можуть бути додані, включають тверді речовини кукурудзяного сиропу, сухі речовини знежиреного молока та, звичайно, барвники та ароматизатори.

Промислове виробництво морозива передбачає ретельний розгляд трьох ключових аспектів, а саме: інгредієнти та рецептура (продукт), процеси та

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Груньковський</i>			РОЗДІЛ 1	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Хорольський</i>					8	23
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

бладнання (процес), а також удосконалення та контроль (система).Тобто на якість і продуктивність морозива значною мірою впливають три визначені аспекти: продукт, процес і система. Процес виробництва морозива має значний вплив на якість продукції, особливо з точки зору її фізичного складу, текстури, консистенції та стійкості до танення.

Перейдемо до технологічної операції підготовка та змішування сировини

Основа виняткового морозива полягає в його інгредієнтах. Основними інгредієнтами морозива є жир, молоко тверде нежирне, сахароза, ароматизатор, стабілізатор і емульгатор [2-5]. Високоякісні молочні продукти, такі як молоко та вершки, утворюють основу, забезпечуючи кремоподібність. Цукор або підсолоджувачі надають солодкість і текстуру, а ароматизатори, такі як ваніль, какао або фруктові екстракти, надають морозиву виразного смаку. Стабілізатори та емульгатори підтримують консистенцію, контролюючи розмір кристалів льоду та забезпечуючи гладке відчуття в роті.

Молоко, вершки та інша рідка молочна сировина, що надходить на підприємства, фільтрують і зберігають у вертикальних або горизонтальних ємностях, ваннах, з теплоізоляцією, при температурі продукту не вище 6°C, контролюючи в процесі зберігання кислотність.

Слідкують за тим, щоб при розкритті ящиків, бочок і металевих банок з продуктами в сировину не потрапляли уламки скла, стружки, цвяхи, дріт та інші сторонні предмети. З поверхні згущених молочних продуктів у бочках видаляють можливі ділянки цвілі. При розпаковуванні ящиків розбиті, тріснуті і пошкоджені пляшки відбраковують. Бочки металеві, пляшки, банки та ємності з полімерних матеріалів перед розкупоркою необхідно обмивати водою і насухо витирати. Мішки з сипучою сировиною (борошном, цукром-піском, крохмалем та іншими подібними продуктами) слід обережно розпорювати по шву, кінці та уривки шпагату видаляти [8-12]. Сухі молочні продукти, що злежалися, перед використанням дроблять. Вершкове масло, за наявності на монолітах окисленого шару треба зачищати. Без зачистки поверхневого шару дозволяється використовувати масло, що зберігалось при температурі -18°C і нижче не більше 12 місяців, якщо товщина окисленого шару не перевищує 2 мм і відсутні виражені неприємні запахи і смак. Моноліти масла перед внесенням у суміш, розрізають на шматки або розплавляють на маслоплавцях. Розплавлене масло, не допускаючи розшарування жирової емульсії, фільтрують.

Для перевірки якості курячих яєць використовують овоскоп. Перевірку здійснюють у спеціальному, відокремленому приміщенні. Відібрані доброякісні яйця промивають у проточній воді, дезінфікують 2%-вим розчином хлорного вапна або 0,5%-вим розчином хлораміну і після цієї обробки знову обполіскують чистою водою. Вимиті яйця відразу розбивають, оскільки зберігати їх після миття не можна [4, 6, 10]. Яйця розбивають над невеликою чашкою з нержавіючої сталі, алюмінієвої або пластмасової, виливаючи в неї одразу не більше двох яєць. Вміст чашки оглядають та перевіряють на запах. Переконавшись у доброякісності яєць, чашку звільняють для перевірки наступної порції. Злиті в загальний посуд доброякісні курячі яйця ретельно перемішують, розтирають із цукром-піском і відразу вводять у суміш морозива

									Арк.
									9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ				

(в змішувальну ванну). Можна вводити яйця в суміш без попереднього розтирання з цукром-піском.

Свіжі плоди, ягоди та овочі спочатку інспектують, сортують за якістю, відбраковуючи та видаляючи недозрілі, перестиглі, м'яті та ті, що забродили. Відібрану для виробництва сировину ретельно промивають проточною холодною водою. Після миття її обробляють. Заморожені плоди та ягоди перебирають, видаляючи непридатні, промивають теплою водою, обробляють у пароварочному казані від 3 до 5 хв., а потім протирають [5-8]. При виробництві плодово-ягідного морозива використовують інвертний сироп. Крохмаль картопляний, кукурудзяний, а також карбоксиметилловий перед внесенням у змішувальну ванну попередньо змішують з іншими сухими компонентами (цукром-піском, сухими молочними продуктами). Аналогічним чином у суміш вносять і казеїнатнатрію. Пектин можна вводити в морозиво також у складі стабілізуючого харчового концентрату рідкого, згущеного або сухого.

Дозволяється заміна одного стабілізатора, передбаченого рецептурою, іншим, якщо в описі технології морозива того чи іншого виду немає вказівки про використання тільки цього стабілізатора. Сухі речовини стабілізаторів не включають до загальної масової частки сухих речовин морозива; якщо у характеристиці рецептур немає особливої вказівки про їх облік [4]. У морозиві з борошном і крохмалем загальна масова частка сухих речовин має бути підвищеною за рахунок сухих речовин стабілізаторів. Норми введення стабілізаторів у морозиво відповідно до вимог нормативно-технічної документації приведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 –Масові частки стабілізаторів, %, не менше

Стабілізатор	Морозиво	
	молочне, вершкове, пломбір	плодово-ягідне, ароматичне
Агар та агароїд харчові	0,3	0,7
Альгінат натрію харчовий	0,2	0,3
Желатин харчовий	0,3	0,5
Казеїнат натрію	1,0	-
Крохмаль желюючий	1,5	2,0
Крохмаль картопляний харчовий	2,0	3,0
Крохмаль картопляний карбоксиметилловий	0,5	0,5
Метилцелюлоза	0,3	0,2
Борошно пшеничне хлібопекарське вищого гатунку	2,0	3,0
Пектін	0,2	0,9

Для інтенсифікації аромату молочного, вершкового морозива та пломбіру з ягодами, плодами, горіхами та іншими наповнювачами, а також плодово-

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ягідного та ароматичного морозива можна вводити відповідні харчові ароматичні есенції. Воду чи молоко для приготування розчинів стабілізаторів та інших компонентів сумішей витрачають із загальної маси вологи, передбаченої рецептурою [4-8]. Витрата сировини, необхідної для приготування сумішей, передбачається спеціально розробленими нормами, що включають також її природні втрати на всіх етапах виробництва. З метою отримання найкращих смакових якостей продукту застосування сухого знежиреного молока в рецептурах усіх видів морозива з використанням молочних продуктів рекомендується обмежувати: для молочного морозива – не більше 50 кг, вершкового та пломбіру – не більше 35 кг на 1000 кг.

Щоб уникнути появи в морозиві при тривалому зберіганні вад якості внаслідок утворення великих кристалів лактози масова частка сухого знежиреного залишку молока в молочному морозиві не повинна перевищувати 12%, у вершковому – 11% і в пломбірі – 10% по відношенню до маси продукту. У всіх видах шоколадного морозива має бути какао-порошку не менше ніж 1%, шоколаду або напівфабрикату шоколадна глазур – не менше ніж 3,5%. У кавовому морозиві має бути кавового екстракту не менше ніж 2% сухої кави (стосовно маси морозива) [6-10]. У морозиві з цикорієм екстракту цикорію повинно міститися не менше ніж 2% сухого цикорію по відношенню до маси морозива. У горіховому морозиві та в морозиві з горіхами міститься обсмажених ядер горіхів не менше 6%. У морозиві крем-брюле масова частка сиропу крем-брюле повинна бути не менше 10%.

У морозиві на молочній основі зі свіжими плодами, ягодами та натуральними соками масова частка плодів, ягід та натуральних соків становить не менше 14%, крім чорної смородини та вишні, яких має бути не менше 12%. Додаткова частка сахарози, що вводиться в морозиво разом із плодами, ягодами та соками, не повинна перевищувати 6% по відношенню до маси морозива. У морозиві з натуральними сиропами їх масова частка не повинна бути менше 10%. Якщо в якості плодово-ягідної сировини використовують джем і повидло, то в молочному та вершковому морозиві їх масова частка повинна бути не менше 8%, а в пломбірі – не менше 10%.

У морозиві на молочній основі з цукатами або родзинками їх масові частки повинні бути менше 8%, а морозиві з подварками цього наповнювача має утримуватися також щонайменше 8%. У морозиві з шоколадно-вафельною крихтою масова частка крихти має бути не менше 10% [3-8]. Наведені вище масові частки наповнювачів наведені до маси готового морозива без урахування маси вафель, глазури та крему, які входять до складу окремих різновидів морозива. Масові частки деяких наповнювачів (горіхи, мигдаль, плоди, ягоди та ін.) передбачаються в очищеному та підготовленому вигляді – без лушпиння, кісточок, плодоніжок, чашолистків. Отримувані під час вироблення морозива виробничі відходи вводять у суміш після відповідної технологічної обробки із зазначенням внесеної маси та їх складу у рецептурному розрахунку.

Допускається фарбування сумішей морозива харчовими барвниками. Барвники вводять у суміш наприкінці пастеризації при температурі 70-75°C при використанні пастеризаторів безперервної дії – у змішувальну ванну при

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурі 35-40°C. Необхідну за рецептурою сировину звільняють від упаковки, зважують і вводять у ванну змішувача в наступному порядку:

– рідкі продукти – молоко, вершки, вода, сироватка, знежирене молоко, пахта та ін;

– згущені молочні продукти – молоко згущене незбиране та знежирене з цукром, згущені вершки з цукром, згущена сироватка та ін;

– сухі продукти – сухі молочні продукти, цукор-пісок, какао-порошок, яєчний порошок, плодово-ягідні та овочеві порошки, стабілізатори та ін. змішувати з частиною цукру-піску.

При виробництві морозива на молочній основі з плодовоягідними наповнювачами – сиропами, пюре, соками, що не підвищують значно кислотність суміші, допускається ці наповнювачі також вносити в змішувальну ванну. Суміш нагрівають до 35-40°C, що необхідно для найбільш повного та швидкого розчинення сухих продуктів [2-8]. При використанні для пастеризації апаратів безперервної дії вершкове масло в розплавленому вигляді, стабілізатори (розчини і в сухому вигляді), крім метилцелюлози, наповнювачі, що не підвищують кислотність суміші, вводять в змішувальну ванну при температурі від 38 до 40°C. Крохмаль у цьому випадку рекомендується вводити у суміш у вигляді клейстеру. Клейстер із крохмалю готують так само, як і клейстер із борошна. При використанні пастеризаторів періодичної дії вершкове масло в розплавленому вигляді або у вигляді шматків, нарізаних на маслорізці вносять безпосередньо в пастеризатор при температурі суміші в ньому 50-60°C.

Звернемо увагу на операцію фільтрування та пастеризація сумішей

Процеси та обладнання, що використовуються для виробництва морозива, можуть значно відрізнятися в залежності від масштабів виробництва, будь то домашнє, магазинне або промислове використання [2]. Для домашніх морозениць використовується обладнання, як правило, меншого розміру та менш складне, ніж комерційні машини, що використовуються в магазині. Промислові потужності з виробництва морозива передбачають точні, безперервні, автоматизовані процеси.

Для видалення з суміші нерозчинених грудочок сировини (сухого молока, стабілізаторів тощо) та можливих різних механічних домішок її фільтрують після розчинення компонентів та після пастеризації, використовуючи дискові, плоскі, пластинчасті, циліндричні та інші фільтри. Фільтруючі матеріали у фільтрах періодично очищають або замінюють, не допускаючи накопичення великої маси осаду. Стандартний процес пастеризації передбачає нагрівання суміші до певної температури протягом заданого періоду з подальшим швидким охолодженням. Процес пастеризації має важливе значення для всіх сумішей для морозива, оскільки він ефективно усуває шкідливі патогенні мікроорганізми та мікроорганізми, що псують, забезпечуючи безпеку споживачів [4-8]. Крім того, пастеризація має вирішальне значення для нейтралізації гідролітичних ферментів, у тому числі тих, що природним чином містяться в сирому молоці, які можуть негативно вплинути на смак і текстуру морозива. При використанні пастеризаторів безперервної дії фільтрують суміш після розчинення компонентів. У разі використання апаратів періодичних дій одночасно для

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змішування, розчинення компонентів та пастеризації суміш фільтрують тільки після пастеризації.

Пастеризація сумішей призначена для знищення хвороботворних (патогенних) бактерій та зниження загального обсягу мікрофлори. Результатом пастеризації є майже повне припинення життєдіяльності мікроорганізмів. Разом з тим, можливе повторне бактеріальне обсіменіння суміші. У зв'язку з цим необхідно при подальшій технологічній обробці суміші та її зберіганні дотримуватися всіх санітарно-гігієнічних правил виробництва. При пастеризації обов'язковим є дотримання відповідних режимів – температури пастеризації та тривалості витримання суміші при цій температурі [4-8]. На підприємствах з виробництва морозива суміш пастеризують в апаратах безперервної дії – автоматизованих пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках, трубчастих пастеризаторах і пастеризаторах з витіснювальним барабаном, а також в апаратах періодичної дії – ваннах із змішникомовою мішалкою, ваннах тривалої пастеризації, пароварочних котлах.

Суміш із змішувальної ванни, пройшовши через фільтр, надходить на пастеризацію. При використанні пастеризаційно-охолоджувальних установок суміш пастеризують за температури 80-85°C з витримкою 60-50с. Пастеризацію в трубчастих пастеризаторах проводять при температурі суміші 80-85°C з витримкою 60-50с або без витримки при температурах від 92 до 95°C. У пастеризаторах з витіснювальним барабаном суміш пастеризується при температурі 80-85°C з витримкою 20-15 с [6, 9, 12]. При використанні апаратів періодичної дії застосовують наступні режими пастеризації сумішей морозива: при температурі від 68 до 72°C витримка від 30 до 25хв; при температурі 73-77°C – 20-15 хв.; при температурі 78-82°C витримка 10-8 хв. і при температурі 83-87°C витримка 5-3 хв. У тому випадку, якщо в якості стабілізатора застосовують борошно та кукурудзяний крохмаль, температура пастеризації повинна бути 85-95°C.

Важливою технологічною операцією є гомогенізація сумішей.

Після пастеризації основа морозива перекачується в гомогенізатор, де суміш піддається ретельно контрольованим режимам тиску та температури. Гомогенізація має вирішальне значення для покращення текстури, консистенції та відчуття морозива в роті, запобігаючи утворенню великих жирових кульок і забезпечуючи рівномірний розподіл жиру, стабілізаторів та інших інгредієнтів. Тиск зазвичай створюється об'ємним насосом, який проштовхує суміш через невеликий отвір або клапан. Суміші гомогенізують при температурі, близькій до температури пастеризації, не допускаючи охолодження сумішей. Чим більша масова частка жиру в суміші, тим меншим має бути тиск гомогенізації. Оптимальний тиск гомогенізації залежить також від виду вихідної сировини та конструкції гомогенізатора [2, 6, 8]. Застосовують наступні тиски гомогенізації: при одноступінчастій гомогенізації для молочної суміші від 12,5 до 15,0 МПа (від 125 до 150 кгс/см²); вершкової суміші від 10 до 12,5 МПа (від 100 до 125 кгс/см²), пломбір від 7,0 до 9,0 МПа (від 70 до 90 кгс/см²). При використанні двоступінчастого гомогенізатора тиск на першому ступені відповідає тиску за кожним видом суміші на одноступінчастому гомогенізаторі, а на другому - для всіх видів суміші від 4,5 до 5,0 МПа (від 45 до 50 кгс/см³). Ефективність

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гомогенізації сумішей необхідно періодично перевіряти, при цьому контролюючи параметри **охолодження сумішей**.

Відразу після гомогенізації суміші охолоджують до температури 2-6°C з метою створення несприятливих умов для життєдіяльності та розвитку мікроорганізмів, які можуть потрапити в суміш після пастеризації. Охолодження також необхідне для підготовки суміші до наступного процесу обробки. Для охолодження сумішей використовують автоматизовані пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки, пластинчасті та кожухотрубні охолоджувачі, трубчасті зрошувальні охолоджувачі відкритого та закритого типу, ванни ВДП, вершковизрівальні ванни та інше обладнання [8, 10]. Суміш охолоджують спочатку холодною, потім крижаною водою температурою 1-2°C або охолоджувачем з нижчою температурою. Бажано, щоб температура холодоносія була в межах -5...-7°C. При нижчій температурі холодоносія відбувається значне загустіння суміші, небажане намерзання її на поверхні охолоджувача, різке зниження коефіцієнта теплопередачі від суміші до охолоджувача.

У процесі охолодження сумішей до збірного жолоба зрошувального охолоджувача вносять ароматичні речовини – ванілін, есенції, а також розчин метилцелюлози (у разі вироблення морозива з використанням цього стабілізатора). При застосуванні автоматизованих пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установок, пластинчастих та кожухотрубних охолоджувачів ванілін, есенції та метилцелюлозу вносять у ємність для зберігання суміші морозива. Перейдемо до операції **нормалізації сумішей**.

У приготування сумішах встановлюють масові частки жиру та сухих речовин. Масову частку сахарози визначають епізодично вибірково. Якщо аналізи покажуть, що склад суміші відхиляється від розрахункового (відповідного стандарту), то обчислюють які компоненти і в яких кількостях потрібно додати до суміші. Ця технологічна операція називається нормалізацією суміші. Всі необхідні для цього розрахунки виконують, виходячи з фактичних масових часток жиру та сухих речовин. Масові частки сахарози і стабілізаторів у сумішах зазвичай не визначають, оскільки передбачається, що вони містять розрахункові масові частки цих компонентів [4-8]. Масову частку сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) розраховують відніманням із загальної частки сухих речовин фактичної масової частки жиру, розрахункових масових часток сахарози і сухих речовин стабілізаторів. Наприклад, згідно з розрахунком у молочній суміші мало бути 3,5% молочного жиру, 15,5% сахарози та 1,5% модифікованого желюючого картопляного крохмалю (сухих речовин 80%). Аналізи показали, що фактично у суміші містилося 3,8% жиру та 31,5% сухих речовин. Вважаючи, що у суміші містяться розрахункові масові частки сахарози і стабілізатора, визначаємо фактичну масову частку СЗМЗ в суміші:

$$31,5 - (3,8 + 15,5 + 1,2) = 11\%.$$

У розрахунку на 1000 кг молочної суміші це означає, що СЗМЗ міститься на 10 кг більше (110 замість 100 кг), ніж потрібно. Отже, у розрахунку на кожен тону суміші треба додатково ввести 100 кг компонентів, які не містять СЗМЗ. У

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сумарній масі, суміші (1100 кг) повинно міститися $1100 \cdot 0,035 = 38,5$ кг молочного жиру, а фактично міститься $1000 \cdot 0,038 = 38$ кг [4, 8, 10]. Масу жиру (0,5 кг), що бракує, компенсувати за рахунок коров'ячого несоленого солодковершкового масла з масовою часткою жиру 82,5%, якого потрібно $0,5 : 0,825 = 0,61$ кг. У 100 кг додаткової суміші, крім зазначеної маси вершкового масла, повинно міститися 15,5 кг цукру-піску, 1,5 кг модифікованого желюючого картопляного крохмалю і 82,39 кг питної води ($100 - 0,61 - 15,5 - 1,5$). В іншому прикладі пломбірної суміші згідно з розрахунком повинно міститися 15% молочного жиру, 10% СЗМЗ, 14% сахарози і 0,3% агароїду. Аналізи показали, що у суміші фактично міститься 14,5% молочного жиру та 38% сухих речовин.

Фактично масова частка СЗМЗ у суміші становить 9,2% ($38,0 - 14,5 - 15,0 - 0,3$). Як і в попередньому прикладі, розрахуємо склад додаткової суміші, масу якої приймаємо рівною 100 кг на кожну тону основної суміші. Тоді в 1100 кг основної і до додаткової суміші повинно бути 110 кг СЗМЗ, тобто потрібно внести в додаткову суміш 18 кг СЗМЗ (110-92). З цією метою беремо сухе знежирене молоко, маса якого при вмісті в ньому 7% вологи становитиме $18 : 0,93 = 19,35$ кг [4, 8, 10]. Аналогічним шляхом визначаємо масу молочного жиру, яка буде потрібно для складання додаткової суміші: $1100 \cdot 0,15 = 165$ кг, тобто потрібно внести в додаткову суміш 20 кг жиру ($165 - 145$) або в розрахунку на коров'яче солоне вершкове масло $20 : 0,825 = 24,24$ кг. Маса додатково потрібного цукру-піску складе 14 кг, агароїду – 0,3 і питної води – 42,11 кг ($100 - 19,35 - 24,24 - 14 - 0,3$). На практиці для складання додаткової суміші нерідко використовують частину основної суміші, в яку вводять необхідні сировинні компоненти. Додаткову суміш перед внесенням її в основну суміш направляють на таку ж технологічну обробку, якій піддавалася основна суміш. Важливою операцією є **зберігання сумішей**.

Охолоджену суміш направляють у спеціальні теплоізольовані ємності з охолодженням, а на невеликих підприємствах – частіше у вершковизрівальнівани для короткочасного зберігання до моменту використання. У цих ваннах температура суміші підтримується холодоносієм, що циркулює в трубчастій мішалці ванни, що коливається. Зберігання є обов'язковою стадією технологічного процесу лише для сумішей морозива, приготованих з допомогою желатину («старіння» сумішей) [4]. Такі суміші потрібно витримувати за температури 4-6°C протягом 4-12 год.; при цьому в'язкість суміші підвищується. При температурі 4-6°C суміш можна зберігати не більше 24 год., при температурі 0-4°C – не більше 48 год. При цьому повинні бути суворо дотримані санітарно-гігієнічні режими, щоб уникнути різкого збільшення бактеріальної обсіменіння. З ємності для зберігання суміш надходить на фризеравання.

1.2. Устаткування для виготовлення сумішей морозива

Розпочнемо наші дослідження з оцінки характеристик . устаткування для підготовки сировини

Сировина, необхідна для приготування суміші відповідно до заданої рецептури, доставляється зі складів і камер зберігання в цех і готується для

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завантаження в ванну змішувача. Насамперед сировину необхідно звільнити від тари, а отже, розкрити її. Розпакована сировина витягується з тари та готується відповідним чином.

Просіювач. Борошно просіюється за допомогою просіювача. Відцентровий просіювач вертикального типу з магнітоуловлювачем для видалення металевих домішок. Складається з голівки, що просіює, шнека і бункера. Всі деталі, що рухаються, приводяться від електродвигуна [6, 9, 11]. Борошно з бункера лопатями подається на шнек, який піднімає її в просіювальну голівку. Просіювання проводиться послідовно через перше сито, лопатевий просіювач та друге сито. По похилій течці просіяне борошно проходить під магнітним уловлювачем і зсипається в ємність. Великі домішки скидаються до збірника відходів.

Маслорізки та маслоплавники. Моноліти масла повинні бути розморожені (якщо використовується масло після холодильного зберігання), звільнені від тари (картонних ящиків) та пергаменту, а потім з них повинен бути зчищений поверхневий окислений шар, якщо він встиг утворитися. Очищені моноліти вершкового масла ріжуть на шматки на маслорізках або розплавляють на маслоплавцях [5-9]. Гільотинна маслорізка представляє собою механізований верстат. Головний робочий орган – гільотинний ніж – приводиться в дію від електродвигуна через редуктор. На рухомий майданчик кладеться моноліт масла, який поступово просувається до ножа. Опускаючись на моноліт, ніж відрізає брусок. Під майданчиком встановлений збірник, куди падають бруски масла.

Маслоплавник (рис. 1.1) складається з ванни 2 з пароводяним обігрівом і решітки 1 (або стелажу), розташованої над ванною. Обрешітка виготовляється зазвичай із труб, у які теж подається гаряча вода. Моноліти масла укладають на решітку. Поступово розплавляючись, масло збирається у ванні, звідки насосом подається у змішувальну ванну. Продуктивність маслоплавника 0,5-1 т/год.; займає площа 1,27 м²; вага 132 кг.

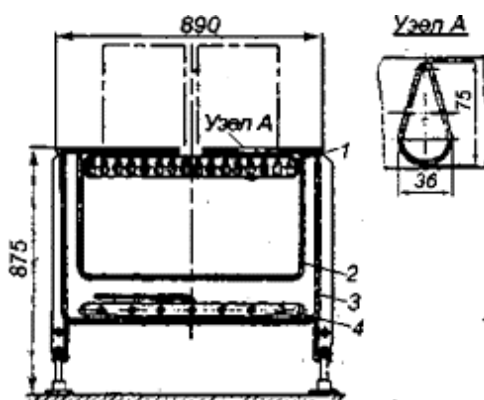


Рисунок 1.1 – Маслоплавник

1 – решітка; 2 – ванна; 3 – корпус; 4 – барботер .

Молоткові дробарки та мікрмлини. Для подрібнення сухих молочних продуктів, що злежалися в грудки, застосовують молоткові дробарки. Цукрову пудру з цукрового піску готують за допомогою мікрмлинів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Протиральні машини. На підприємствах, що виробляють морозиво, застосовують протиральні машини. Протиральна машина, яку застосовують для отримання пюре з плодів, відокремлення шкірки, насіння та насінневі коробки від м'якоти, складається зі станини, сітчастого протирочногобарабану, завантажувального бункера, шнеку для переміщення плодів, лопаті, що дробить, і приводу. Продуктивність таких протирочних машин 1000 кг/год., потужність електродвигуна 1,0 кВт [6-9]. Для протирання томатів, овочів, зерняткових та кісточкових плодів використовують протиральні універсальні машини. Їх продуктивність по томатам становить 7, а по кісточкових – 2 т/год. Потужність 7,5 кВт. Головним робочим вузлом протиральних машин є протирочна головка, яка кріпиться до фланця електродвигуна. У конструкції головки передбачено кілька видів ножів, різальних деталей та протирочних сіток. Велика частота обертання ножів забезпечує високу ефективність роботи машини. Вона застосовується як для отримання плодово-ягідного пюре, так подрібнення інших харчових продуктів.

Варильні перекидні казани. Котел представляє собою чашу, оточену сорочкою. Корпус сорочки із двох протилежних сторін має порожнисті цапфи, за допомогою яких котел спирається на підшипники опорних стійок. При обертанні ручного штурвала котел повертається на цапфах, і цим досягається злив продукту, що в ньому міститься. Пара в сорочку подається через порожню цапфу, а конденсат зливається знизу через кран. Технічні характеристики котлів наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики перекидних котлів

Показники	Робоча ємність котла, л	
	60	200
Поверхня нагріву, м ²	0,55	1,3
Робочий тиск пари, МПа	0,6	0,4
Внутрішній діаметр, мм	590	915
Займана площа, м ²	0,84	1,86
Маса, кг	300	487

Темперуючі машини. У цехах морозива для приготування шоколадної глазури застосовується темперуючі машини. Робоча місткість машини 100 л, частота обертання скребків механізму, що перемішує 24 хв⁻¹. Потужність 1,5 кВт, маса 520 кг. Обігрів – пароводяний барботажний.

Гарячі шафи. Для обсмажування горіхів застосовують жарково-кондитерську шафу і жаряну шафу [8]. Жарково-кондитерську шафа має дві камери і обігрівається зверху та знизу електронагрівачами, що включаються окремо. За допомогою терморегуляторів температура повітря в камерах автоматично підтримується в заданих межах від 100 до 350°C. На два листи однієї камери завантажуються до 12 кг горіхів, тривалість обсмажування 10-15 хв.

Технічна характеристика жарково-кондитерських шаф:

Потужність нагрівачів в одній камері, кВт	4,5
Об'єм камери, м ³	0,11
Площа підлоги камери, м ²	0,385
Займана площа, м ²	0,95

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У жаряній шафі площа деко $0,52 \text{ м}^2$, тривалість розігріву до температури 280°C не більше 40 хв, споживана потужність 10,1 кВт, маса не більше 205кг. Шафа оснащена пристроєм для автоматичного підтримання температури на заданому рівні.

1.3. Устаткування для змішування сировини

Для змішування сировинних компонентів при приготуванні сумішей морозива використовують сироробні ванни, вершководозрівальні ванни, ванни тривалої пастеризації, універсальні резервуари, пастеризатори.

Сироробні ванни. Ці ванни відкритого типу, мають овальну форму. Ванна поміщена в теплову сорочку. Підігрів проводиться гострим паром через барботер. Цей найпростіший пристрій виготовляється з труб, на поверхні яких розсвердлюються отвори для проходу пари. Вода із сорочки зливається через штуцер. Над ванною розташовуються швелерні балки, по яким переміщається каретка з двома мішалками у формі ліри [3-8]. Мішалки обертаються навколо осі і одночасно здійснюють зворотно-поступальний рух. Вони приводяться в дію від електродвигуна через систему передач. Зміна частоти обертання проводиться за допомогою варіатора. Тиск пари, що гріє $0,08 \text{ МПа}$. Замість громіздких механізмів перемішування цих апаратів замінені полегшеними пропелерними мішалками. Майданчик із приводом мішалки встановлюють на кронштейні з торця апарата під кутом близько 30° до днища та стінки. Електродвигун потужністю $0,6 \text{ кВт}$ із частотою обертання $24,2 \text{ с}^{-1}$.

Вершковосозрівальні ванни. Ванна (рис. 1.2) має напівциліндричну форму, зовні оточена сорочкою. Сорочка заповнюється водою і підігривається паром через барботер 1. Тиск пари $0,05 \text{ МПа}$ [6]. Переливна труба 2 підтримує постійний рівень води в сорочці. Вершковосозрівальна ванна має кришку 18, яка закривається за допомогою черв'ячного механізму 15 ручної дії. Ванну встановлюють на фундамент із ухилом у бік зливного крана 8.

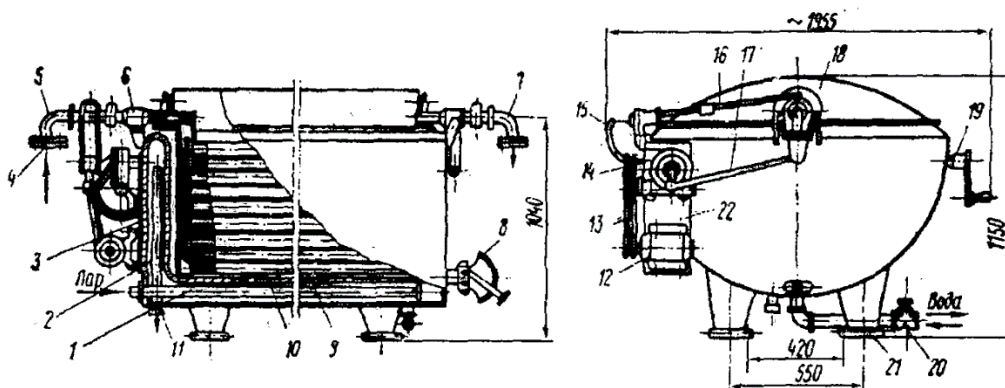


Рисунок 1.2 – Вершковизрівально ванна

1 – трубчастий перфорований барботер; 2 – переливна труба; 3 – корпус; 4 – фланець; 5 – відводи; 6 – підшипники; 7 – відводи; 8 – зливний кран; 9 – робоча ванна; 10 – мішалка; 11 – спускний патрубок; 12 – електродвигун; 13 – клинопасова передача; 14 – редуктор; 15 – черв'ячний механізм; 16 – тяга; 17 –

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кривошипно-шатунний механізм; 18 – кришка; 19 – рукоятка; 20 – патрубок для подачі води; 21 – ніжки; 22 – плита.

Розташована всередині ванни 9 мішалка 10 з труб одночасно є і теплообмінником. Кінці труб мішалки з'єднані з колекторами, через які подається і відводиться теплоносій або холодоносій. Патрубки від подавального і відвідного колекторів є півосями – цапфами, які розміщуються в самовстановлюваних підшипниках 6. До цапфів, що коливаються в підшипниках, приєднані вигнуті відводи з сальниковими пристроями. Відвід фланцями 4 з іншого боку приєднані до нерухомих магістралей, якими подається і відводиться тепло- або холодоносій [3, 6, 9]. Мішалка здійснює маятниковий рух, відхиляючись від вертикальної осі на 60-100°. Число коливань мішалки 12 за хвилину. Качальні рухи мішалці повідомляє кривошипношатунний механізм 17, який приводиться в дію від електродвигуна 12 через клинопасову передачу і редуктор. Потужність електродвигуна 0,6 квт. Кут хитання мішалки регулюється спеціальним пальцем.

Для зменшення трудомісткості операцій із внесення сухої та згущеної сировини в змішувальні ванни використовуються спеціальні пристрої для підймання та перекидання бочок. Потужність, що споживається такими пристроями, становить всього 1 кВт, а тривалість робочого циклу не перевищує 4с. Для цієї ж мети використовують тельфери, підйомно-розвантажувальні пристрої. В технологічних лініях з виробництва морозива відіграють фільтри.

Фільтри. Для фільтрування суміші застосовується фільтр (рис. 1.3). Він складається із двох взаємозамінних камер, які працюють по черзі [7]. У міру засмічення одну камеру відключають на очищення, а в роботу включають другу. Камери мають форму циліндра і розташовані горизонтально по обидва боки розподільного пристрою 1, укріпленого на опорній стійці 7. Кожна камера складається з корпусу 5 і сітчастого фільтрувального циліндра 6. Розподільний пристрій 1 включає корпус і корковий кран 2.

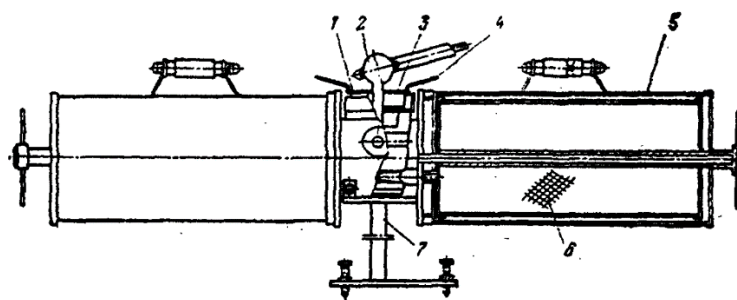


Рисунок 1.3 – Фільтр для сумішей морозива

1 – розподільний пристрій; 2 – корковий кран; 3 – гайка; 4 – ключ; 5 – корпус фільтра з ручкою; 6 – фільтрувальна сітка циліндра; 7 – стійка.

Суміш для фільтрування подається у верхній отвір розподільного пристрою та переходить у корпус фільтрувальної камери. Обтікаючи зверху фільтрувальний сітчастий циліндр, суміш виходить з камери і надходить у нижню частину розподільного пристрою [5-10]. З нижнього патрубку розподільного пристрою суміш прямує у трубопровід для подальшої обробки.

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ				

Продуктивність фільтра змінюється від 2500 до 4600 кг/год залежно від виду суміші. Суміш подається під тиском 0,2-0,25 МПа.

У виробництві морозива застосовують також циліндричні фільтри, призначені для фільтрації молока. Такий фільтр складається з корпусу, що представляє собою вертикально розташовану посудину циліндричної форми; двох фільтрувальних циліндрів, що розміщуються один в одному; кришки та опорної підставки [8, 10]. Суміш подається через вхідний патрубок у внутрішню порожнину фільтра, звідки вона послідовно проходить через внутрішній і зовнішній фільтрувальні циліндри і відводиться через вихідний патрубок, приєднаний до вихідного отвору в стінці корпусу циліндра. У дні корпусу розташований кран для спорожнення фільтра при розбиранні. Продуктивність фільтра 2000 л/год. Суміш подається під тиском 0,2 МПа. Тривалість безперервної роботи близько 2 год.

1.4. Устаткування для пастеризації сумішей

Для пастеризації сумішей морозива використовуються ванни тривалої пастеризації, зміювікові пастеризатори. Крім того, широке застосування отримали кожухотрубні та пластинчасті пастеризаційні установки.

Ванни тривалої пастеризації. Ванни є судинами циліндричної форми. Внутрішня ванна з нержавіючої сталі поміщена в кожух із подвійними бічними стінками. У просторі між дном ванни та кожухом розміщено пристрій для подачі пара – барботер. Він є кільцем з перфорованої труби. У сорочку, яка утворюється між внутрішньою стінкою кожуха та робочою ванною, можна через барботер подати воду, потім нагріти її паром. Надлишки води видаляються зверху через переливну трубу, з'єднану із сорочкою патрубком. Для спуску води в дні є вентиль. Максимальна температура суміші у ванні 85°C.

Ванна закривається кришкою, одна половинка якої відкривається вручну, забезпечена пропелерною мішалкою, привод якої здійснюється через фрикційний редуктор. Потужність електродвигуна 0,6 кВт [4, 8, 10]. Ванна має пристрій для душу 4, який розміщується у вигляді кільцевої труби у верхній частині її, між стінками внутрішньої і зовнішньої ванн (рис. 1.4).

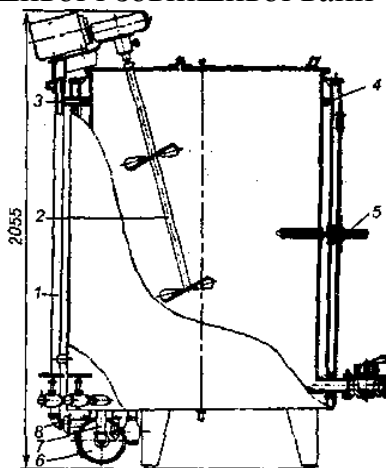


Рисунок 1.4 – Ванна тривалої пастеризації

1 – переливна труба; 2 – мішалка; 3 – патрубок пристрою, що душує; 4 – душуючий пристрій; 5 – термометр для контролю температури продукту; 6 –

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відцентровий насос; 7 – всмоктувальний патрубок насоса; 8 – нагнітальний патрубок насоса.

У нижній частині ванни встановлений відцентровий насос 6. Цей насос через всмоктувальний патрубок 7 забирає нагріту парою в сорочці воду і подає її за допомогою нагнітального патрубку 8 в переливну трубу 1. Звідти вода йде в душуючий пристрій 4 і, витікаючи через отвори, стікає по стінкам внутрішньої ванни. Наявність душуючого пристрою прискорює теплообмін між гарячою водою і сумішшю, що знаходиться у ванні.

Змійовикові пастеризатори. Випускаються у двох варіантах по продуктивності: на 1000 та 2000 л/год. За конструкцією вони однотипні. Пастеризатор складається з ванни 2, мішалки 1 з приводом 6 і нагрівального пристрою (рис. 1.5). Ванна має ізоляцію для зменшення тепловтрат у навколишнє середовище; зверху вона закривається кришкою. Кожна половинка кришки піднімається вручну. Ванна спирається на станину 7. Мішалка 1 складається із спірального двоходового змійовика, двох порожнистих валів (цапф), що обертаються в підшипниках. Теплообмінна поверхня мішалки 5,9 м². Підвідний трубопровід 3 інжектора подає пароводяну суміш у порожнистий вал мішалки. З іншого боку трубопровід 5 відводить конденсат із змійникової мішалки через другий порожнистий вал (цапфу) [4, 8, 10]. Спеціальні сальники ущільнюють місця з'єднання валів з пароводяною системою. Поруч з ванною встановлений бак 4, в який подаються вода і гостра пара через інжектор. Такий нагрівальний пристрій забезпечує необхідну підготовку пароводяної суміші, що подається інжектором в трубчасту змійникову мішалку. Пароводяна суміш надходить через кран, розташований вгорі, і після пастеризації виходить через патрубок із вентилям, встановлений у днищі ванни. Масивна мішалка активно проводить перемішування та нагрівання суміші. Тривалість нагріву 30 хв. Суміш із ванни видаляється насосом.

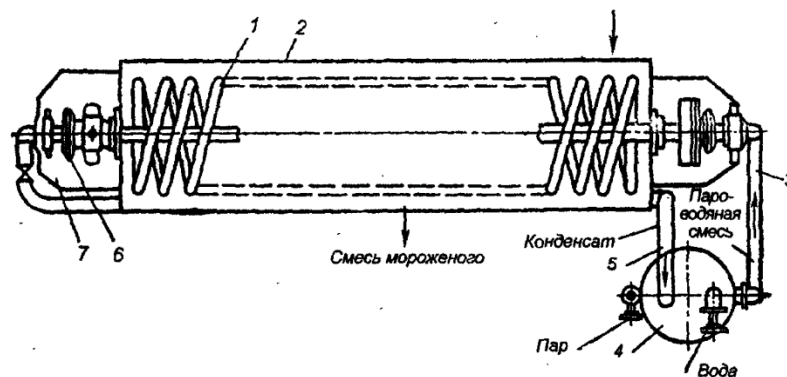


Рисунок 1.5 – Змійовиковий пастеризатор

1 – мішалка; 2 – ванна; 3 – підвідний трубопровід; 4 – бак для води; 5 – відвідний трубопровід; 6 – привід; 7 – станина

Технічні характеристики змійовикового пастеризатора

Потужність електродвигуна мішалки, кВт 1,1

Температура, °С:
суміші, що надходить 30

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пастеризації

85

Тиск робочої пари, МПа

0,3

Кожухотрубні пастеризаційні установки. Автоматизовані кожухотрубні установки призначені для пастеризації молока. Вони працюють за принципом труба в трубі. На кожній установці змонтовані перепускні клапани, через які недопастеризована суміш повторно направляється на теплову обробку [2]. При використанні цих модернізованих установок досягається тепла обробка сумішей у закритому потоці при досягненні високої продуктивності.

Автоматизовані пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки. В пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках для сумішей морозива процес теплообміну здійснюється в тонкому шарі рідини, що рухається під тиском [3-9]. Установка складається з пластинчастого теплообмінника 6, зрівняльного бака 2 з поплавковим регулятором, насоса 1 для подачі суміші з зрівняльного бака в секцію регенерації, бойлера для гарячої води 10, інжектора 11 для нагрівання води парою, насоса 9 для подачі гарячої води з бойлера в секцію пастеризації, перепускнуго клапана 3, циліндричного витримувача 7, пульта управління 4 (рис. 1.6). Установка з'єднується трубопроводами з необхідною арматурою і укомплектовується електрогідравлічними регулюючими клапанами подачі пари і розсолу. У схему установки входить гомогенізатор, розміщений між секціями пастеризації та регенерації.

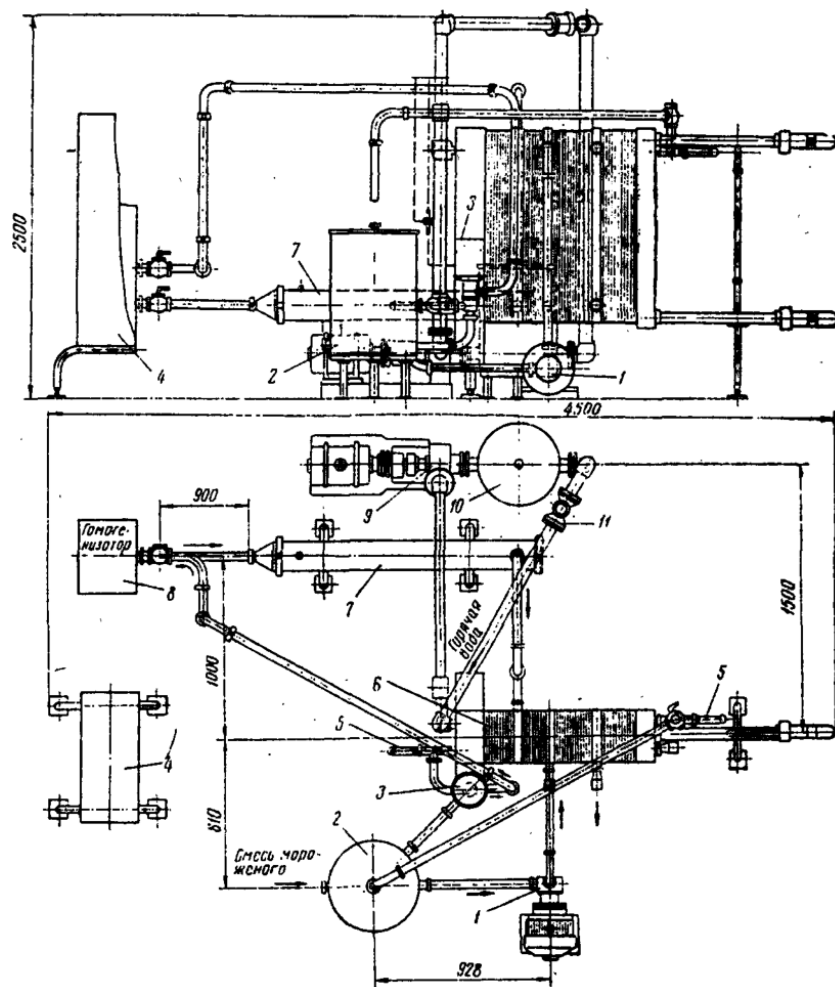


Рисунок 1.6 – Автоматизована пластинчаста охолоджувальна установка для сумішей морозива продуктивністю 1200 кг/год:

									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ				

1 – ротаційний насос; 2 – зрівняльний бак; 3 – перепускний клапан; 4 – пульт управління; 5 – термометр опору; 6 – пластинчастий теплообмінник; 7 – циліндричний витримувач ; 8 – гомогенізатор; 9 – насос для гарячої води; 10 – бойлер; 11 – інжектор

Теплообмінник 6 складається з чотирьох секцій: пастеризації, регенерації, охолодження холодною водою та охолодження розсолу. Теплопередаючі пластини продіті через верхню і нижню штанги і в кожній секції зібрані в пакети. На кожній пластині вибито порядковий номер. Пакет представляє собою групу пластин, що створюють однаковий напрямок руху рідини. Секції відокремлюються одна від одної проміжними плитами [4-8]. По кутах плит розташовані штуцери для проходу рідин. По краях кожної пластини приклеєна гумова прокладка, щоб щільно затиснути пластини у всіх секціях натисковою плитою за допомогою гвинтових пристроїв, розташованих на кінцях верхньої та нижньої штанг.

Зрівняльний бак 2, через який суміш надходить у пластинчастий теплообмінник 6, повинен завжди бути заповнений сумішшю до певного рівня. Для автоматичної підтримки суміші на необхідному робочому рівні зрівняльний бак 2 обладнаний регулятором поплавця прямої дії. Витримувач 7 являє собою трубу великого діаметра, проходячи через яку пастеризована та гомогенізована суміш втрачає швидкість і, таким чином, ще 20-50с витримується при температурі пастеризації [4, 6, 8]. Перепускний клапан 3 служить для автоматичного повернення недопастеризованої суміші у бак 2. Перед пуском притискають до стійки пластини у пластинчастому теплообміннику. Потім приєднують трубопроводи для суміші, води, пари, розсолу. Установку промивають та стерилізують. Усі прилади на щиті керування ставлять у положення автоматичного режиму, включають насос для подачі гарячої води та відкривають пару.

Суміш з ванни температурою 40-45°C пропускають через фільтр і подають у зрівняльний бак 2. Насос 1 забирає суміш з бака 2 і направляє її в секцію регенерації пластинчастого теплообмінника 6. Суміш витісняє воду, що залишилася в апараті після пропарювання. На початку роботи установки недопастеризована суміш з апарату повертається перепускним клапаном 3 у зрівняльний бак 2, поки температура її не досягне 86°C. З секції пастеризації суміш надходить через перепускний клапан у гомогенізатор і після гомогенізації проходить у витримувач 7, в якому знаходиться близько 50 с. З витримувача 7 суміш входить у пластинчастий теплообмінник, секцію регенерації [6-12]. Коли перепускний клапан 3 спрацює на подачу суміші в гомогенізатор, апарат включається в роботу по нормальному технологічному циклу. З секції регенерації суміш надходить у секцію водяного, потім розсольного охолодження і виходить охолодженою до температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ (для молочного та вершкового морозива) або $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ (для пломбіру). Суміш повинна подаватися в апарат безперервно, тоді вона не пригоряє до пластин і не замерзає в розсольній секції. Необхідно стежити за рівнем суміші у зрівняльному баку. Нижня межа рівня 300 мм. При нижчому рівні суміші насос може підсмоктувати повітря.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У секцію пастеризації гаряча вода з температурою 90°C подається з бойлера 10 насосом 9. Вода з цієї секції, що відводиться, знову повертається в бойлер і на шляху підігрівається паром в інжекторі 11 [6-12]. У секцію водяного охолодження вода надходить температурою 8°C, а виходить температурою 19°C, суміш з цієї секції виходить температурою 12°C. Температура розсолу на вході в секцію розсольногоохолодження -5°C, на виході -2,5°C. Щоб вимкнути установку, треба зупинити насос, що подає суміш у зрівняльний бак, і подати воду в бак. Коли вода витіснить суміш з апарату, вимкнути подачу пари, гарячої води та розсолу, потім знеструмити пульт керування.

1.5. Гомогенізатори

У виробництві морозива застосовують гомогенізатори одноступінчастого та двоступінчастого стискування. Вони є насосами високого тиску з гомогенізуючими головками. Гомогенізатори горизонтального типу з одноступінчастими гомогенізуючими головками складаються зі станини 6, приводу, кривошипношатунного механізму 8, блоку 5, гомогенізуючої головки 4 і манометричного пристрою 1 (рис. 1.7). Привід розміщений у нижній частині станини [4, 5, 9]. Від електродвигуна 2 через клинопасову передачу 3 приводиться в рух кривошипно-шатунний механізм 8, який забезпечує зворотно-поступальний рух плунжерів. Плунжери (їх 3) рухаються у трикамерному блоці 5, встановленому на передній верхній частині станини. У кожній камері є всмоктувальний та нагнітальний клапани.

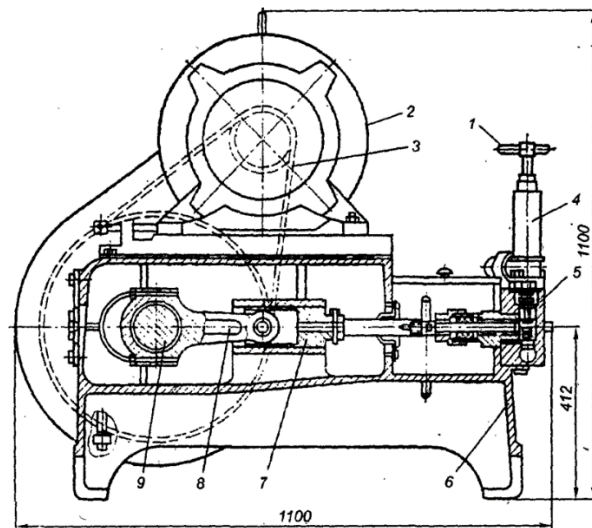


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд гомогенізатора

1 – рукоятка для регулювання тиску; 2 – електродвигун; 3 – клинопасова передача; 4 – гомогенізуюча головка; 5 – плунжерний блок; 6 – станина; 7 – повзун; 8 – кривошипно-шатунний механізм; 9 – колінчастий вал

Гомогенізуюча головка складається з корпусу 3, гомогенізуючого клапана 2, сідла клапана і розпилювача 4 (рис. 1.8). Манометричний пристрій 1 має корпус, в якому розміщений манометр з трубкою, заповненою трансформаторним маслом. Гаряча суміш (60-80°C) фільтрується (фільтр

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

розташовується на всмоктувальній лінії перед гомогенізатором) і надходить у гомогенізатор. При зворотному ході плунжера суміш піднімає всмоктуючий клапан і проходить в робочу камеру. Коли плунжер робить нагнітальний хід, суміш проштовхується і, піднімаючи нагнітальний клапан, проходить в нагнітальний колектор плунжерного блоку. Через отвір у нагнітальному колекторі суміш надходить у гомогенізуючу головку [7]. Гомогенізація нагрітої суміші здійснюється при проходженні через кільцеву щілину між клапаном і сідлом під великим тиском. До основних факторів, що забезпечують роздроблення жирових кульок, відносяться зміни тиску та швидкості потоку суміші при проходженні через гомогенізуючу голівку.

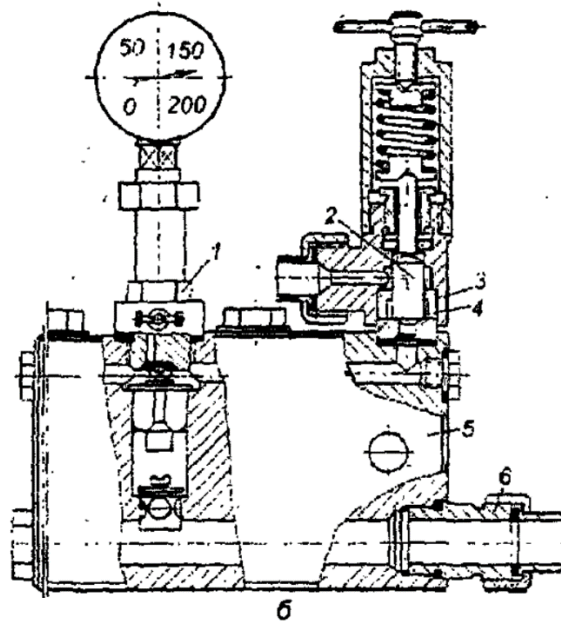


Рисунок 1.8 – Плунжерний блок

1 – манометричний пристрій, 2 – гомогенізуючий клапан, 3 – корпус, 4 – розпилювач, 5 – плунжерний блок, 6 – всмоктуючий патрубок.

Гомогенізатори двоступеневого стиснення також є триплунжерними насосами, але в порівнянні з описаними гомогенізаторами мають ряд суттєвих конструктивних особливостей. Привід з електродвигуном гомогенізатора двоступеневого стиснення розташований усередині станини. Його гомогенізуюча головка двоступінчаста. Є фільтр для змазки, системи попередньої змазки та охолодження змазуючого масла [7, 10]. Тиск гомогенізації регулюють рукоятками, встановленими на першому та другому ступенях гомогенізуючої головки. Контроль тиску здійснюється манометром з мембранним роздільником та дроселюючим пристроєм. На першому ступені дроблення жирових кульок проводиться під тиском 15,0-20,0 МПа, на другому ступені при тиску 5,0 МПа відбувається розбивання агрегатних жирових скупчень.

1.6. Охолоджувачі

Для охолодження сумішей при виробленні морозива використовують пластинчасті і зрошувальні охолоджувачі, а також установки з теплообмінною

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

поверхнею, що очищається. Автоматизований пластинчастий охолоджувач призначений для швидкого охолодження суміші у закритому потоці тонким шаром [9]. Охолоджувач влаштований наступним чином (рис. 1.9). Дві горизонтальні штанги з гвинтовими затискними механізмами 6 спільно з головною 1 і підтримуючою стійкою 7 утворюють станину. Теплообмінні пластини, розділювальна 3 і натискна 5 плити протягуються штангами і щільно притискаються до головної стійки затискними пристроями 6. Охолоджувач має дві секції: секцію охолодження артезіанською водою 4 і секцію охолодження холодним розсолон 2. Він забезпечений засобами автоматизації для підтримки та регулювання температури суміші на виході.

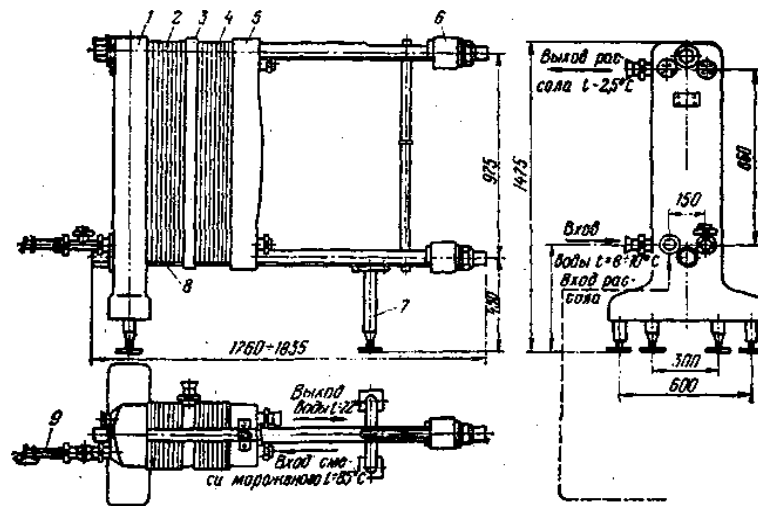


Рисунок 1.9 – Плунжерний блок

1 – головна стійка; 2 – секція розсільного охолодження; 3 – розділова плита; 4 – секція водяного охолодження; 5 – натискна плита; 6 – затискні пристрої; 7 – підтримуюча стійка; 8 – теплообмінна пластина; 9 – термометр опору.

Пластини 8 рифлені, штамповані із нержавіючої сталі. До пластин приклеєні гумові прокладки, щоб їх можна було герметично притиснути один до одного та створити своєрідний потік рідини. У комплект установки для охолодження суміші крім пластинчастого охолоджувача входять також зрівняльний бак з регулятором поплавцевого рівня суміші, насос для подачі суміші з бака в апарат і пульт управління. *Зрошувальний охолоджувач.* Охолоджувач складається з станини 11, до якої кріпляться 2 теплообмінні секції 5 і 2 жолоби 4 і 9 для суміші (рис. 1.10). Секції з'єднані болтами на фланцях 7. Кожна теплообмінна секція виготовлена з горизонтальних труб (луджених) 6, кінці яких розвальцьовуються у вертикально розташованих трубних решітках 2 і пропаюються [10-12]. Решітки кріпляться до стійкоколектора 1 болтами 12. Герметичність з'єднання між стійками-колекторами та накладками забезпечується прокладкою 3. Вгорі на стійках розташовується приймально-розподільний жолоб 4. Через отвори в жолобі суміш температурою 85°C стікає по поверхні теплообмінних труб. У верхній секції суміш охолоджується водою (температура 16°C), а у нижній – розсолон температурою -5°C. Продукт і

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

холодоносії рухаються протитечією. Робочий тиск води та розсолу 120-200 кПа.

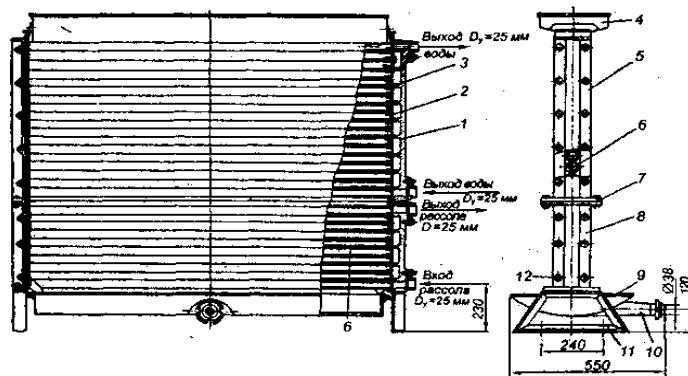


Рисунок 1.10 – Трубчастий зрошувальний охолоджувач:

1 – стійка колектора; 2 – трубні решітки; 3 – ущільнювальні прокладки; 4 – розподільний жолоб; 5 – секція теплообмінна верхня; 6 – труби секцій; 7 – фланці; 8 – секція теплообмінна нижня; 9 – збірний жолоб; 10 – випускний штуцер; 11 – станина; 12 – болти

Охолоджена суміш (до температури 4°C) знизу збирається в приймальний жолоб, звідки через випускний штуцер 10 надходить у трубопровід і забирається насосом. Автоматизовані установки з теплообмінною поверхнею, що очищається застосовують з метою значного підвищення інтенсивності теплообміну між сумішню морозива, що охолоджується, і холодоносієм. Суміші морозива охолоджують таким же чином як в пастеризаційно-охолоджувальних установках [6, 9, 11]. Для зберігання охолоджених сумішей морозива використовують вертикальні та горизонтальні резервуари, які зазвичай застосовуються для зберігання молока. Також використовують ємнісні апарати – резервуари, які використовуються в молочній промисловості для дозрівання вершків, виробництва та зберігання кисломолочних продуктів. Охолоджену суміш зберігають у вертикальних та горизонтальних резервуарах.

Вертикальні резервуари встановлюються на трьох опорах 13 (рис. 1.11). Корпус має циліндричну форму. У нижній частині корпусу розташований люк 5 для внутрішнього огляду та миття, який закривається шарнірно укріпленою кришкою. Крізь кришку люка проходить консольний вал лопатевої мішалки. Електродвигун та редуктор мішалки кріпляться до кришки люка. Нижче люка розташований кранік 3 для взяття проб [7]. Вище люка вмонтовано оправу для термометра 6. У верхній частині корпусу знаходяться світильник 7 з контрольною лампою та оглядове вікно. Верхнє та нижнє днища у резервуарі сферичні. Із зовнішнього боку резервуар покритий ізоляцією 11 з деревно-волокнистих плит або пінопласту та металевим кожухом 12.

Суміш підводиться до патрубку 8, розташованому у верхньому днищі, і заливається в резервуар через піногасну трубу. У центрі нижнього днища знаходиться зливний кран 1, який забезпечений пристосуванням 2 для його відкриття на відстані. Кількість суміші в резервуарі вимірюють рівнем поплавкового типу з сигналізатором максимального рівня. Впливаючи, поплавець 9 впливає на мікроперемикач, в результаті спрацьовує сигнальна лампа [5, 7]. Горизонтальні резервуари на чотирьох опорах мають циліндричну

										Арк.
										27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ					

у гомогенізатор 27 і в секцію регенерації пластин. Охолоджена суміш направляється на зберігання у резервуари 28.

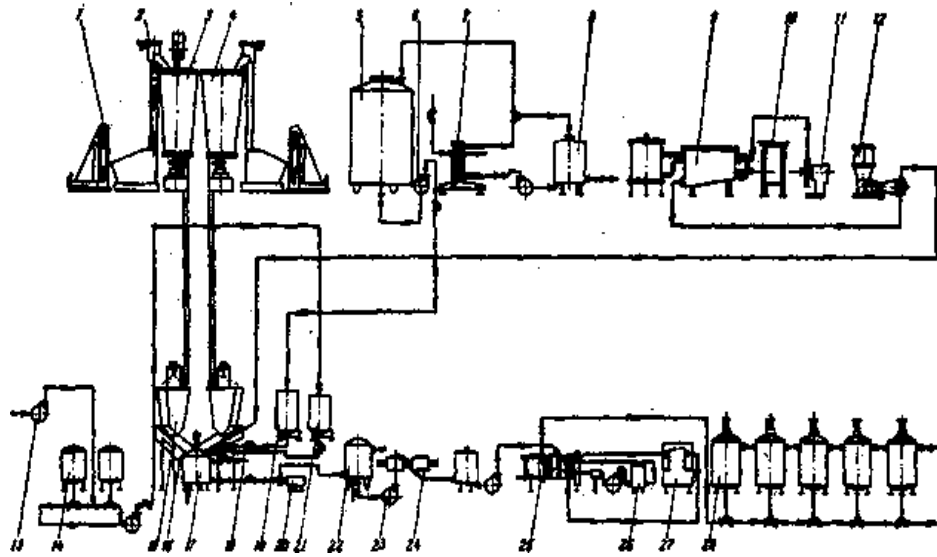


Рисунок 1.12. Поточна лінія приготування сумішей морозива на основі використання сухих молочних напівфабрикатів

1 – підйомник; 2 – просіювач; 3 – бункер сухої суміші (напівфабрикату); 4 – бункер цукрового піску; 5 – резервуар для води; 6 – насос; 7 – підігрівач; 8 – зрівняльний бак; 9 – маслопловець; 10 – стіл підготовки олії; 11 – емульсор; 12 – насос-дозатор; 13 – насос; 14 – резервуар для зберігання молока; 15 – ваговий бункер для сухого напівфабрикату; 16 – лотковий живильник; 17 – змішувач; 18 – клапан запірний; 19 – резервуар ваговий для води; 20 – емульсор; 21 – резервуар ваговий для молока; 22 – проміжний резервуар; 23 – насос; 24 – фільтр; 25 – автоматизована пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 26 – бойлер для пластинчастої установки; 27 – гомогенізатор; 28 – резервуари для зберігання суміші.

Висновки до розділу 1

Морозиво – це багатофазна м'яка тверда речовина, що складається з кристалів льоду, міцел казеїну, повітряних клітин і крапель емульсії (як окремих так і кластерних), втілених у незамороженій фазі сироватки, яка містить розчинені компоненти. Ці розрізнені частини взаємодіють, коли морозиво тане в роті споживача, що визначає загальну якість або прийнятність продукту. Контроль формування цих різних фаз під час замерзання морозива вимагає розуміння передових інженерних принципів. Незважаючи на те, що заморожені десерти існують століттями, сучасні виробничі процеси використовують передовий контроль для забезпечення ефективної роботи, що створює продукти з бажаними атрибутами.

Промислове виробництво морозива передбачає ретельний розгляд трьох ключових аспектів, а саме: інгредієнти та рецептура (продукт), процеси та обладнання (процес), а також удосконалення та контроль (система). Тобто на якість і продуктивність морозива значною мірою впливають три визначені аспекти: продукт, процес і система. Процес виробництва морозива має значний

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ				

вплив на якість продукції, особливо з точки зору її фізичного складу, текстури, консистенції та стійкості до танення. Трьом основним процесам виробництва морозива є пастеризація, гомогенізація та динамічне заморожування.

Стандартний процес пастеризації передбачає нагрівання суміші до певної температури протягом заданого періоду з подальшим швидким охолодженням. Процес пастеризації має важливе значення для всіх сумішей для морозива, оскільки він ефективно усуває шкідливі патогенні мікроорганізми, забезпечуючи безпеку споживачів.

Після пастеризації основа морозива перекачується в гомогенізатор, де суміш піддається ретельно контрольованим режимам тиску та температури. Гомогенізація має вирішальне значення для покращення текстури, консистенції та відчуття морозива в роті, запобігаючи утворенню великих жирових кульок і забезпечуючи рівномірний розподіл жиру, стабілізаторів та інших інгредієнтів.

Заморожування відбувається в морозильній камері. Останнім часом застосовуються морозильні камери зі скребковою поверхнею, які ефективно створюють структуру, необхідну для заморожених десертів.

Системи виробництва морозива можуть варіюватися від невеликих установок до великих промислових операцій. Для великомасштабного промислового виробництва морозива дуже важливо мати надійну систему виробництва морозива для забезпечення операційної ефективності та якості продукції. Надійна система виробництва морозива охоплює кілька критично важливих функцій, включаючи планування та контроль виробничого процесу, прогнозоване технічне обслуговування, контроль якості та оптимізацію процесів. Взаємодія цих елементів сприятиме покращенню процесу виготовлення морозива.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

2.1 Оптимізація основних параметрів у процесі виготовлення морозива

На відміну від багатьох інших технологічних ліній, морозиво вимагає безперервного виробництва. Причина в тому, що при невеликій зупинці морозиво почне паяти. Ще одним важливим фактором є зовнішній вигляд кінцевого продукту. Сировина має не лише бути смачною, але й смачно виглядати. Тому повторювальність точних параметрів виробництва має високу цінність. Змінити можуть призвести до отримання різних зразків сировини, що недопустимо.

З технологічної точки зору, швидкість замерзання і коливання температури під час таких процесів, як загартування і зберігання, сильно впливають на розмір кристалів льоду, включення повітря і дестабілізацію жиру, змінюючи атрибути продукту. Виробництво морозива є енергоємним, що робить необхідним розробку швидких та енергоефективних виробничих процесів, спрямованих на оптимізацію співвідношення факторів для подолання цих проблем та досягнення бажаної стабільності та сенсорних атрибутів.

Тому задля підвищення якості доцільно застосовувати передові сенсорні технології та алгоритми аналізу даних, які можуть дозволити відстежувати параметри якості продукту в режимі реального часу, такі як текстура, смак і консистенція. Це сприяє швидкій адаптації виробничих процесів для підтримки єдиних стандартів якості.

Штучний інтелект може автоматизувати процеси виявлення небезпек, оцінки ризиків та моніторингу санітарії, забезпечуючи дотримання гігієнічних норм у всьому ланцюжку виробництва. Системи комп'ютерного зору з підтримкою штучного інтелекту можуть виявляти сторонні предмети або забруднювачі в сировині або готових продуктах, зменшуючи потенційні ризики для здоров'я.

Комп'ютеризовані системи управління можуть використовуватися у виробництві морозива для автоматизації та оптимізації різних процесів, включаючи змішування, гомогенізацію, пастеризацію та заморожування. У типовому процесі виробництва морозива першим кроком є змішування інгредієнтів, які зазвичай включають молоко, вершки, цукор та різні ароматизатори та добавки [1-2]. Комп'ютеризована система контролю може бути використана для точного контролю кількості кожного доданого інгредієнта, а також швидкості та тривалості змішування, щоб забезпечити стабільну якість та смак.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Груньковський</i>			РОЗДІЛ 2	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Хорольський</i>					31	21
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Після змішування основу для морозива зазвичай пастеризують, щоб гарантувати усунення будь-яких шкідливих бактерій. Знову ж таки, комп'ютеризована система управління може бути використана для точного контролю температури та тривалості процесу пастеризації. Зазвичай його гомогенізують, щоб забезпечити рівномірний розподіл частинок жиру. Комп'ютеризована система керування може використовуватися для контролю тиску та тривалості процесу гомогенізації, що може вплинути на текстуру та консистенцію кінцевого продукту.

Нарешті, морозиво заморожують, як правило, за допомогою безперервної морозильної камери. Комп'ютеризована система керування може бути використана для точного контролю температури та швидкості морозильної камери, а також вмісту повітря та в'язкості морозива, щоб гарантувати, що кінцевий продукт має бажану текстуру та консистенцію.

Протягом усього процесу виробництва морозива комп'ютеризована система керування може контролювати та регулювати різні параметри, такі як температура, тиск і швидкість змішування, щоб гарантувати, що процес працює оптимально і кінцевий продукт відповідає бажаним стандартам якості.

Перейдемо до аналізу фізичних властивостей морозива.

Щільність сумішей морозива. Щільність сумішей морозива може бути експериментально визначена шляхом точного зважування їх певного об'єму або за допомогою ареометра. Цей показник для молочної суміші складає 1104,61 кг/м³, для вершкової – 1092,46, для пломбирної – 1092,06 та плодово-ягідної – 1129,90 кг/м³. Щільність сумішей ρ також визначається розрахунковим шляхом за законом адитивності [6]

$$\rho = \frac{1}{\frac{g_1}{\rho_1} + \frac{g_2}{\rho_2} + \frac{g_3}{\rho_3} + \dots + \frac{g_n}{\rho_n}} \quad (2.1)$$

де $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ – масові частки компонентів одиниці маси суміші. Їхня сума повинна дорівнювати одиниці;

$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$ – щільності сировинних компонентів суміші (молоко, вершкове масло, цукор-пісок тощо)/

Збитість, об'ємна частка повітря та щільність морозива. Про вміст у морозиві введеного при фризюванні суміші повітря прийнято судити з так званої збитості S , яка являє собою відношення (виражене в частках одиниці або у відсотках) збільшення обсягу продукту внаслідок насичення його повітрям до початкового обсягу суміші, тобто [6]

$$S = \frac{(V - V_m)}{V_m} \quad (2.2)$$

де V – об'єм морозива, отриманого з певного обсягу суміші, м³;

V_m – об'єм суміші, м³.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З визначення поняття збитість слідує, що маса суміші і маса приготованого з неї морозива рівні. Виходячи з цього, а також приймаючи об'єм суміші за одиницю, можна записати

$$\rho_m \cdot 1 = \rho \cdot (1+S) \text{ або } \rho_m = \rho \cdot (1+S), \quad (2.3)$$

де ρ_m – щільність суміші, кг/м³;
 ρ – щільність морозива, кг/м³;
 S – збитість морозива, частки од.

За формулою (2.3) можна розрахувати щільність морозива різних видів за його різної збитості. У практичних умовах вимірювати об'єми рівних за масою кількостей суміші та морозива з метою визначення збитості незручно. Тому застосовують ваговий спосіб, заснований на зважуванні однакових об'ємів суміші та морозива. Теоретично використання такого методу може бути обґрунтовано в такий спосіб. Оскільки в цьому випадку має місце рівність об'ємів суміші та морозива, то можна написати [6]

$$\frac{m}{\rho} = \frac{m_m}{\rho_m} \quad (2.4)$$

де m і m_m – відповідно маси морозива та суміші, взяті в рівних обсягах, кг;
 ρ і ρ_m – відповідно щільності морозива та суміші, кг/м³.

Підставляючи (2.4) значення ρ_m з формули (2.3), шляхом нескладних перетворень отримуємо

$$S = \frac{m_m - m}{m} \quad (2.5)$$

Про вміст у морозиві введеного при фризюванні суміші повітря, однак, доцільніше судити з його об'ємної частки і продукту, оскільки такий спосіб вираження має більший фізичний зміст, ніж збитість. Ще краще використовувати обидва показники одночасно.

Об'ємна частка повітря виражається як [6]

$$\vartheta_a = \frac{V_a}{V} \quad (2.6)$$

де V_a – обсяг повітря у певному обсязі V морозива, м³.

Оскільки точно визначити об'єм повітря, що міститься в морозиві, важко, розглянемо можливість застосування вагового методу, при використанні якого суміш і морозиво зважуються в рівних об'ємах. Незавжди помітити, що різниця $m_m - m$ є масою суміші, об'єм якої дорівнює об'єму введеного повітря.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення цієї різниці до маси суміші m_m рівні оскільки, розділивши чисельник і знаменник даного дроби на ρ_m , приходимо до виразу (2.6). Таким чином, при ваговому методі визначення об'ємної частки повітря в морозиві (конкретно в м'якому морозиві) слід використовувати формулу

$$\vartheta_a = \frac{m_m - m}{m_m} \quad (2.7)$$

З метою встановлення залежності між об'ємною часткою повітря в морозиві та його збитістю скористаємося формулами (2.5) та (2.7), з яких випливає, що [6]

$$Sm = \vartheta_a m_m, \quad \vartheta_a = \frac{Sm}{m_m} \quad (2.8)$$

$$S = \frac{\vartheta_a m_m}{m} \quad (2.9)$$

Для взаємних перерахунків S і ϑ_a формули (2.8) і (2.9) не дуже зручні, оскільки потрібно одночасно знати m і m_m . Можна отримати більш просту залежність між S та ϑ_a . Перетворимо для цієї мети формулу (2.5):

$$S = \frac{m_m}{m} - 1 \quad \text{звідки} \quad \frac{m_m}{m} = 1 + S \quad \text{і} \quad \frac{m}{m_m} = \frac{1}{1 + S}$$

Підставивши останній вираз у формулу (2.8), матимемо [6]

$$\vartheta_a = \frac{S}{1 + S} \quad (2.10)$$

звідки

$$S = \frac{\vartheta_a}{1 - \vartheta_a} \quad (2.11)$$

Підрахована за формулою (2.10) об'ємна частка повітря в морозиві за його різної збитості наводиться в таблиці 2.1.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Об'ємна частка повітря в морозиві за його різної збитості

Збитість, %	Об'ємна частка повітря, частки одиниці	Збитість, %	Об'ємна частка повітря, частки одиниці	Збитість, %	Об'ємна частка повітря, частки одиниці	Збитість, %	Об'ємна частка повітря, частки одиниці
5	0,048	30	0,231	55	0,355	80	0,444
10	0,091	35	0,259	60	0,375	85	0,459
15	0,130	40	0,286	65	0,394	90	0,474
20	1,167	45	0,310	70	0,412	95	0,487
25	0,200	50	0,333	75	0,429	100	0,500

Для непрямого судження проміст у морозиві повітря можна скористатися також питомим об'ємом морозива V , який є величиною, зворотною щільності морозива. Тому з формули (2.3) маємо [6]

$$V = \frac{1+S}{\rho_m} \quad (2.12)$$

$$S = \rho_m \cdot V - 1 \quad (2.13)$$

Шляхом перетворення формули (2.5) можна отримати низку залежностей, корисних для практичної діяльності підприємств, що виробляють морозиво. Так, визначити потрібну збитість морозива при заданих масі та об'ємі порції V можна за формулою

$$S = \frac{V\rho_m - m}{m} \quad (2.14)$$

Необхідну місткість при заданих збитості та масі порції морозива можна розрахувати за формулою [6]

$$V = \frac{m(1+S)}{\rho_m} \quad (2.15)$$

Маса порції при заданій місткості споживчої тари (або об'ємі порції морозива) та збитості визначається за формулою

$$m = \frac{V\rho_m}{1+S} \quad (2.16)$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості сумішей морозива. Коефіцієнт динамічної в'язкості сумішей морозива значною мірою визначається їх температурою, складом, набором сировини в рецептурах, у тому числі видом та концентрацією

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабілізатора. Істотний вплив на величину в'язкості здійснює також тривалість зберігання суміші в охолодженому стані перед фризераванням.

На рисунку 2.1 та 2.2 приведено графічні залежності коефіцієнта динамічної в'язкості сумішей різних видів, виготовлених з використанням різних стабілізаторів, від температури в інтервалі від 1° до 90°С. Дані стосовно сумішей з метилцелюлозою наводяться тільки при температурах від 1° до 36°С, оскільки при більш високих температурах цей стабілізатор коагулює.

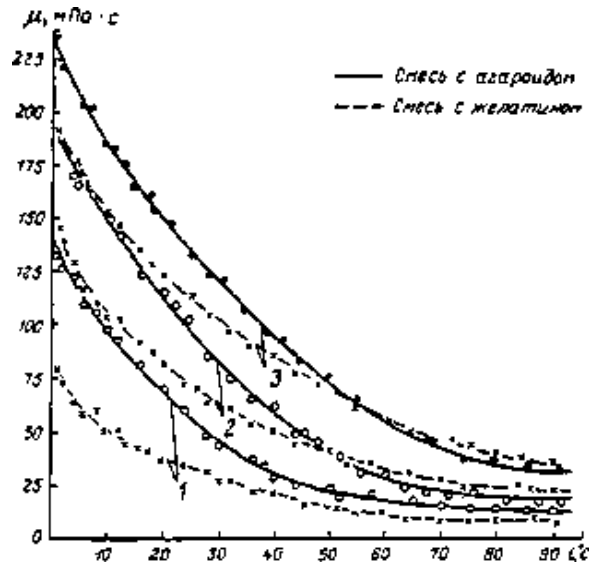


Рисунок 2.1 – Залежність коефіцієнта динамічної в'язкості сумішей морозива з агароїдом або желатином від температури:

1 – молочна суміш (0,3% агароїду або 0,5% желатину); 2 – вершкова суміш (0,2% агароїду або 0,5% желатину); 3 – пломбірна суміш (0,15% агароїду або 0,5% желатину)

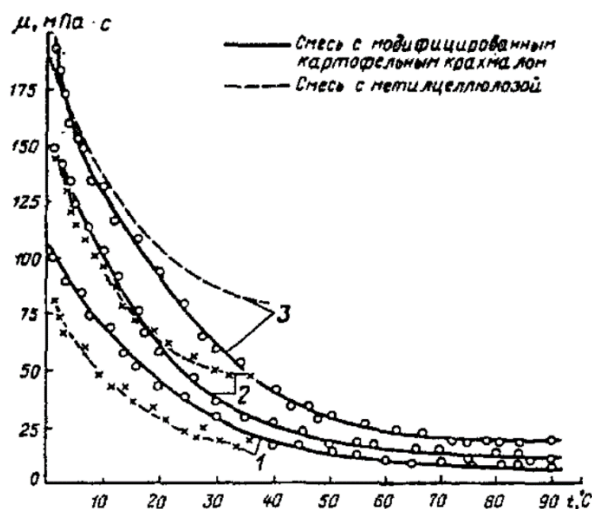


Рисунок 2.2 – Залежність коефіцієнта динамічної в'язкості сумішей морозива з модифікованим желуючим картопляним крохмалем або метилцелюлозою від температури:

1 – молочна суміш (1,5% крохмалю або 0,5% метилцелюлози); 2 – вершкова суміш (1% крохмалю або 0,2% метилцелюлози).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як видно із рисунків 2.1 та 2.2, при зниженні температури від 90° до 60°С коефіцієнт динамічної в'язкості сумішей практично не змінюється або змінюється незначно. В інтервалі температур від 60° до 40°С починається його помітне збільшення, а при температурах від 40° до 2°С він для сумішей різних видів зростає в 3-6 разів. Дані про коефіцієнти динамічної в'язкості сумішей з різними стабілізаторами при зберіганні при 3°...4°С наведені на рисунку 2.3 (дослідження виконувались при температурі 20°С) [5-10]. З цього графіка випливає, що коефіцієнти динамічної в'язкості сумішей одного і того ж складу, але з різними стабілізаторами вже відразу після приготування значно відрізняються, що обумовлюється, мабуть, неоднаковими желюючими та гідратаційними здібностями стабілізаторів. Протягом першої доби зберігання сумішей спостерігається збільшення вихідної в'язкості в 1,5-2 рази, очевидно, внаслідок продовження гідратації вільної води стабілізатором і молочним білком. Наступної доби в'язкість наростає значно менш інтенсивно.

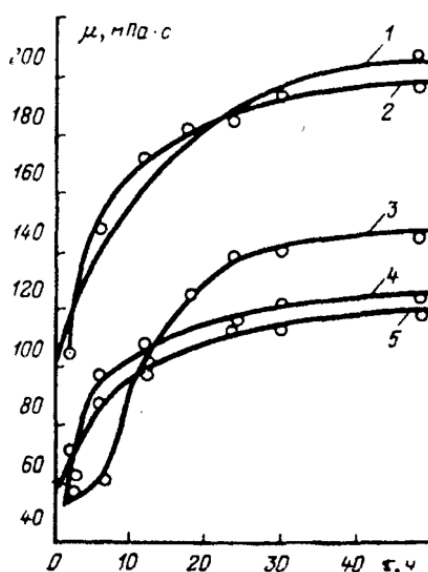


Рисунок 2.3 – Зміна коефіцієнта динамічної в'язкості вершкових сумішей морозива з різними стабілізаторами у процесі зберігання:

- 1 – агароїд (0,2%); 2 – пшеничне борошно вищого гатунку; 3 – желатин (0,5%); 4 – метилцелюлоза (0,2%); 5 – модифікований желюючий картопляний крохмаль (1,0%)

2.2. Теплофізичні властивості морозива

Питома теплоємність, ентальпія. Під терміном «питома теплоємність» мається на увазі ефективна (повна) питома теплоємність, що включає теплоту фазових переходів. Питома теплоємність сумішей і морозива значною мірою визначається фазовими перетвореннями молочного жиру, які відбуваються у широкому температурному діапазоні їх теплової і холодильної обробки. При цих температурах теплові ефекти, пов'язані з вимерзанням води з харчових продуктів, також істотно впливають на величину їх питомої, теплоємності та ентальпії [7-10]. У сумішах морозива на молочній основі при температурах від 70°С до криоскопічних змін питомої теплоємності обумовлюються лише тепловиділеннями при затвердінні окремих фракцій молочного жиру, що

відбуваються з різною інтенсивністю на окремих ділянках цієї температурної зони.

З вказаної причини найбільш значними є зміни питомої теплоємності пломбірної суміші, у складі якої масова частка жиру найбільша. У згаданій температурній зоні її питома теплоємність змінюється в межах від 3,05 до 3,35 кДж/(кг·°С), вершкової суміші – від 3,17 до 3,48 кДж/(кг·°С),; молочної – від 3,29 до 3,39 кДж/(кг·°С). Питома теплоємність плодово-ягідної суміші за цих температур практично не змінюється [3,10...3,09 кДж/(кг ·°С)] [4, 7, 9]. При температурах від -3°С до -8°С...-10°С, коли відбувається інтенсивне вимерзання води із сумішей та формується морозиво, питома теплоємність зростає у кілька разів, досягаючи при -3°С...-5°С максимуму (молочне морозиво 55,84; вершкове – 41,15; пломбір – 32,08 та плодово-ягідне 30,81 кДж/(кг·°С). При подальшому зниженні температури величини питомих теплоємностей морозива всіх згаданих видів після максимуму різко зменшуються, а потім у зв'язку зі зниженням інтенсивності льодоутворення також продовжують зменшуватися, але поступово, аж до -30°С. При цій температурі питома теплоємність морозива на молочної основі та плодово- ягідного знаходяться в межах від 2,51 до 2,69 кДж/(кг·°С).

Ентальпія, показує скільки теплоти «міститься» в одиниці маси даного матеріалу (продукту). Строго кажучи, теплоти в матеріалі немає при температурі абсолютного нуля (-273°С), коли припиняється тепловий рух молекул. За початок відліку ентальпії, однак, приймати температуру абсолютного нуля незручно, оскільки на практиці не доводиться мати справу з такими низькими температурами. Тому відраховувати ентальпію прийнято починати із значно вищих температур. При цьому важлива не сама величина ентальпії, а різниця ентальпій матеріалу, взятих за якихось двох температур. Величина цієї різниці не залежить від того, яку температуру вибрано за початок відліку.

Спрощено можна сказати, що ентальпія матеріалу при якійсь температурі представляє як би суму питомих теплоємностей, взятих з інтервалом в 1°С від температури початку відліку до цієї конкретної температури. Ентальпію виражають у кДж/ кг , а питому теплоємність - кДж/(кг·°С) [7]. Дані про питому теплоємності сумішей та морозива були використані для розрахунку їх ентальпій при різних температурах, причому за початок відліку було прийнято температуру 30°С. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Ентальпія суміші та морозива, кДж/ кг

t, °С	молочне	вершкове	пломбір	плодово - ягідн
1	2	3	4	5
-30	0	0	0	0
-28	5,40	5,41	5,04	5,16
-26	10,97	10,94	10,18	10,48
-24	16,74	16,63	15,51	16,02
-22	22,77	22,58	21,21	21,77
-20	29,20	28,96	27,43	27,77
-18	36,13	35,73	34,01	34,23
-16	43,66	43,07	43,03	41,22

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			Арк.
								38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

-14	52,02	51,08	48,89	50,56
-12	62,21	60,38	58,43	63,60
-10	75,21	72,35	70,71	81,76
-8	93,03	88,74	87,92	110,72
-4	165,88	159,99	174,51	211,32
-2	264,85	228,96	207,90	223,3'2
0	271,46	235,45	214,27	229,50
2	278,08	241,95	220,66	235,68
4	284,70	248,48	227,08	241,86
6	291,34	25-5,04	233,54	248,04
8	298,00	261,66	240,10	254,22
10	304,68	268,34	246,75	260,40
12	311,39	275,12	253,55	266,58
14	318,14	281,99	260,48	272,76
16	324,92	288,94	267,52	278,94
18	331,68	295,83	2'74,49	285,12
20	338,39	302,58	281,24	291,30
22	345,05	309,20	287,79	297,48
24	351,71	315,82	294,34	303,66
26	358,37	322,44	300,90	309,84
28	365,03	329,05	307,46	316,02
30	371,69	335,65	314,02	322,20
32	378,35	342,27	320,58	328,38
34	385,01	348,89	327,13	334,56
36	391,65	355,44	333,57	340,75
38	398,23	361,82	339,76	346,95
40	404,81	368,19	345,94	353,15
42	411.39	374.57	352.12	359.35
44	417,97	380,95	358,30	365,55
46	424,56	387,33	364,49	371,75
48	431,16	393,71	370,69	377,95
50	437,76	400,09	376,89	384,15
52	444,36	406,47	383,09	390,35
54	450,96	412,87	389,31	396,55
56	457,56	419,27	395,53	402,75
58	464,16	425,67	401,75	408,95
60	470,76	432,05	407,94	415,15
62	477,35	438,40	414,09	42Г.35
64	483,93	444,73	420,20	427,55
66	490,51	451,05	426,30	433,75
68	497,09	457,38	432,40	439,95
70	503,67	463,72	438,50	446,15

Питому теплоємність сумішей або морозива за будь-якої температури в діапазоні від -30° до 70°С зручно визначати за допомогою наведеної таблиці

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ентальпій. Для цього треба знайти інтервал температур, який відповідає температурі, що цікавить, відняти з більшого значення ентальпії цього інтервалу менше (з наступного, попереднє) і отриманий результат розділити на 2, оскільки значення ентальпії наведені в таблиці з інтервалом в 2°C.

Теплопровідність. При температурах від 70° до -30°C були проведені визначення теплопровідності сумішей та морозива за методом кульового зонда постійної потужності. Було показано, що теплопровідність сумішей при температурі 20°C становить: молочної – 0,425 Вт/(м·°C), вершкової – 0,389, пломбірної 0,304 і плодово-ягідної – 0,433 Вт/ (м·°C) і практично не змінюється інтервалі від 70°C до криоскопічних температур [6-12]. У дослідях щодо визначення теплопровідності морозива було відзначено її збільшення зі зниженням температури продукту. При температурах, що відповідають зоні максимального льодоутворення, теплопровідність зростає найшвидше. Надалі, по мірі зниження інтенсивності процесу утворення льоду, темп збільшення теплопровідності зі зниженням температури значно зменшується. Зі збільшенням збитості та зменшенням середнього розміру повітряних бульбашок теплопровідність морозива значно зменшується. Дані про теплопровідність морозива за різних температур і різної збитості наводяться в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Теплопровідність морозива, Вт/м °C

t, °C	Молочне			Вершкове			Пломбір			Плодово-ягідне			
	збитість частки одиниці												
	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0	0,3	0,5	0,7
-4	0,630	0,550	0,470	0,540	0,485	0,410	0,400	0,390	0,325	0,475	0,425	0,375	0,318
-5	0,700	0,610	0,520	0,610	0,550	0,465	0,495	0,465	0,395	0,580	0,510	0,445	0,375
-6	0,750	0,664	0,561	0,685	0,630	0,530	0,565	0,515	0,451	0,665	0,575	0,511	0,430
-8	0,795	0,690	0,600	0,725	0,665	0,565	0,630	0,555	0,495	0,810	0,680	0,590	0,511
-10	0,835	0,720	0,630	0,740	0,680	0,575	0,665	0,585	0,525	0,910	0,740	0,650	0,565
-14	0,890	0,770	0,670	0,790	0,710	0,615	0,710	0,625	0,560	1,000	0,805	0,720	0,610
-18	0,925	0,800	0,688	0,830	0,735	0,635	0,725	0,654	0,575	1,040	0,840	0,743	0,640
-22	0,935	0,810	0,695	0,845	0,748	0,645	0,730	0,657	0,582	1,058	0,855	0,752	0,650
-26	0,945	0,820	0,705	0,855	0,757	0,655	0,740	0,670	0,587	1,070	0,865	0,765	0,665
-30	0,954	0,837	0,711	0,867	0,767	0,660	0,749	0,675	0,594	1,080	0,880	0,772	0,672

2.3. Удосконалення обладнання для виготовлення морозива

Фризерування – основний процес виробництва морозива, при здійсненні якого відбувається часткове заморожування та насичення сумішей повітрям, яке у продукті розподіляється у вигляді дрібних бульбашок. В процесі фризерування суміші утворюється структура морозива, яка остаточно формується при подальшій холодильній обробці продукту [4]. Структура – це будова речовини, що характеризується розмірами, формою та розташуванням частинок. Структура морозива визначається переважно розмірами кристалів льоду. Чим вони дрібніші і рівномірніші розподілені в загальній масі морозива, тим краща його якість. Суміш фризерують у спеціальних апаратах – фризерах безперервної дії, а на невеликих підприємствах – фризерах періодичної дії чи мороженицях.

Основними конструктивними елементами фризерів є горизонтально розташований на станині заморожувачий циліндр з мішалкою, продуктові насоси, витратний бачок для суміші з поплавковим клапаном. Циліндр має

сорочку, покриту тепловою ізоляцією та металевим кожухом. Охолодження циліндра здійснюється за рахунок безпосереднього випаровування холодоагенту (аміак, хладон та ін.) або охолоджувачем (розсіл) [1-6]. Мішалка забезпечена збивальним пристроєм та ножами скребкового типу. Після досягнення кріоскопічної температури вода у суміші морозива починає перетворюватися на дрібні кристали льоду. В результаті в незамороженій частині вологи підвищується концентрація розчинених речовин (цукрози, лактози, мінеральних солей) і знижується температура замерзання. Знову замерзає частина вологи, і ще більше знижується кріоскопічна температура. Таким чином, процес фризеравання відбувається при температурі продукту, що поступово знижується.

Як зазначалося раніше морозиво – це складна багатофазна система, що складається з жирових кульок, кристалів льоду і бульбашок повітря в розмороженій сироватковій фазі. Характеристики та взаємодія цих різних компонентів значною мірою визначають якість морозива як з точки зору поведінки під час споживання, так і з точки зору сенсорного сприйняття. Більш високе включення повітря призводить до більш кремової текстури, повільнішої швидкості плавлення та вищого перевитрату, тоді як низьке включення повітря створює більш піщану текстуру, що робить її легко схильною до танення. Повітряні бульбашки, що формуються в морозиві в процесі фризеравання, їх розміри, рівномірність розподілу, об’ємна частка повітря в продукті також мають великий вплив на структуру і смакові переваги морозива. Технологічна блок схема з виробництва морозива наведена на рисунку 2.4.

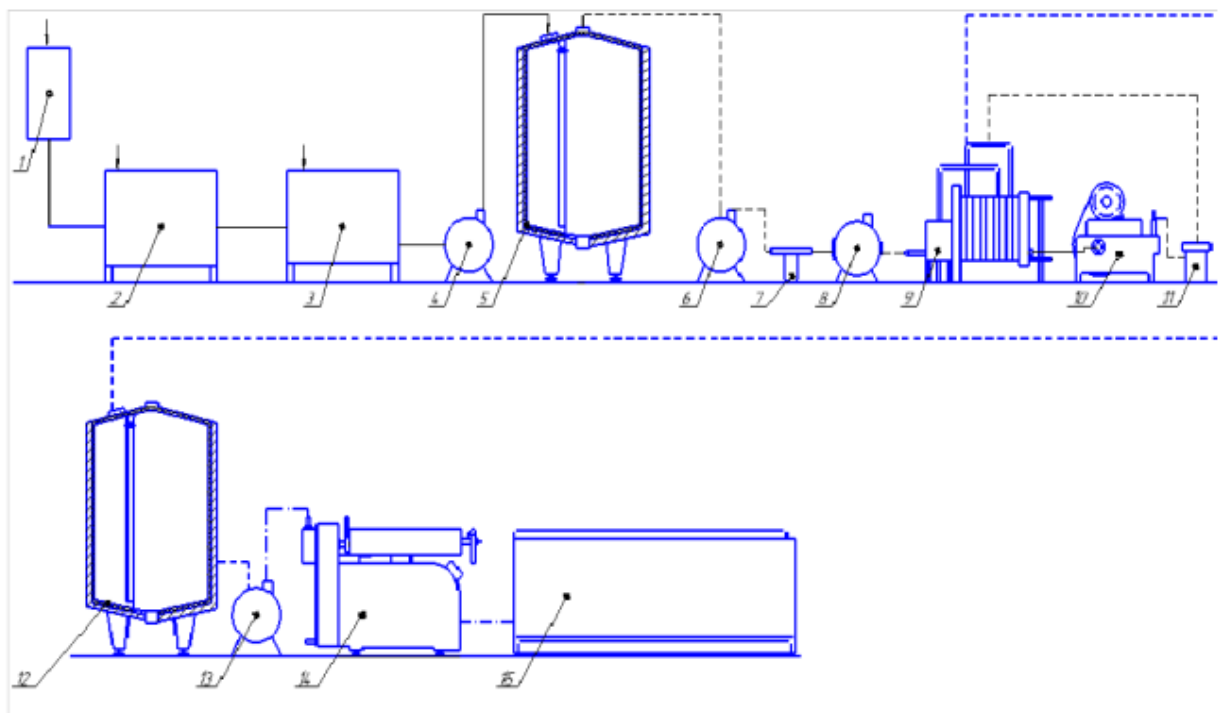


Рисунок 2.4 – Технологічна блок схема з виробництва морозива

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	Модуль приймання
2	Модуль для складання молочної суміші
3	Модуль для складання харчових компонентів
4,6,8,13	Насос роторний
5,12	Резервуар
7	Фільтр
9	ПОУ
10	Гомогенізатор
11	Витримувач
14	Фризер
15	Лінія фасування та загартовування

Збивання сумішей обумовлюється їх складом та технологічними режимами обробки, видом та кількістю введеного стабілізатора. Об'ємна частка повітря в морозиві та розміри повітряних бульбашок залежать також від конструктивних особливостей фризера (частота обертання мішалки та її форма, примусова подача повітря та ін), ступеня заповнення циліндра сумішшю. Для фризера суміш вводиться всередину циліндра фризера, де вона охолоджується і намерзає на внутрішній поверхні [5, 9]. Шар суміші, що намерзає, безперервно зрізається ножами, укріпленими на мішалці і притискаються до стінки. Процес заморожування значно прискорюється в результаті перемішування суміші, яке одночасно перешкоджає зрощення кристалів один з одним. Розмір і форма кристалів льоду, що утворюються при фризераванні, залежать від швидкості заморожування суміші, її складу, збитості та розміру повітряних бульбашок, масової частки пов'язаної води.

У фризера повинна надходити суміш температурою 2-6°C. Температура морозива при виході з фризера в залежності від складу суміші, фасування та використовуваного фасувального обладнання повинна бути в межах -3,5...-5°C. При використанні фризера періодичної дії та морозива випускати морозиво з апарату слід після того, як збитість його складе не менше 50% для молочного, 60% для вершкового та пломбіру і 40% для плодово-ягідного, а температура його буде не вище -3,5°C. Для цього необхідно циліндр фризера заповнювати сумішшю не більше ніж наполовину його місткості і стежити за тим, щоб температура розсолу в сорочці циліндра не піднімалася вище -18°C [4-9]. При використанні фризера безперервної дії для приготування фасованого морозива, що гартується в карусельних ескімогенераторах, в розсольних генераторах скринькового типу збитість морозива в глазури повинна бути 40-45% без глазури – 30-40%, а температура морозива, що заповнює комірки, не вище -3,5°C. При виготовленні фасованого морозива з використанням автоматизованих ліній, а також при фасуванні морозива на автоматах збитість продукту має бути не менше 50%, а температура – не вище -4°C. Збитість вагового морозива, що виробляється з використанням фризера безперервної дії, повинна бути від 60 до 120%.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За тривалістю перебування продукту у фризери (за вирахуванням часу на охолодження суміші до кріоскопічної температури) і частці води, що виморожується за цей період, неважко підрахувати середню швидкість льодоутворення. Під цим терміном розуміється збільшення частки вимороженої води за одиницю часу. Так, при фризераванні вершкової суміші у фризери безперервної дії до температури $-5,0^{\circ}\text{C}$ швидкість льодоутворення становить більше 2% на секунду, а у фризери періодичної дії з охолодженням розсолу – лише 0,09% на секунду, або 5,5 % за хвилину. Методика розрахунку товщини намерзаючої на циліндрах фризерів безперервної і періодичної дії шару суміші і лінійної швидкості її заморожування може бути використані для встановлення конструктивних та технологічних параметрів фризерів.

Перейдемо до аналізу роботи апаратів для загартовування морозива

Суміш для морозива традиційно заморожується в процесі безперервного заморожування за допомогою методу «зішкребти та збити». Рідка суміш і повітря нагнітаються в один кінець морозильника безперервної дії і потім перемішуються. Перемішування відбувається за допомогою обертових лопатей і ривків з приводом від двигуна, які простягаються близько до внутрішньої стінки ствола. Після завершення перемішування частково заморожену суміш витягують, розподіляють по упаковках і негайно поміщають у морозильну камеру для проходження процесу затвердіння, що вимагає багато часу та енергії.

Традиційні методи виробництва морозива передбачають, що продукт повинен витримувати температурні коливання, щоб бути якісним після надходження до споживача. Кристали льоду і бульбашки повітря в емульсійній матриці морозива дуже чутливі до цих температурних коливань, тому їх необхідно стабілізувати додаванням емульгаторів і загусників.

У виробництві загартованого морозива продукт після фризеравання піддають подальшому заморожуванню (загартування), намагаючись наблизити температуру морозива до температури камери зберігання ($-18...-20^{\circ}\text{C}$) і нижче. Цей процес слід проводити у максимально короткий термін, щоб не допустити суттєвого збільшення розмірів кристалів льоду [5-10]. Для гартування фасованого морозива використовують спеціальні скороморозильні апарати з повітряним (температура повітря від -25 до -37°C) або розсольним охолодженням (до -40°C). Для гартування морозива за кордоном вже давно використовують плиткові скороморозильні апарати та морозильні тунелі безперервної дії. У морозильних тунелях морозиво загартовують урізних, у тому числі і у великих, упаковках при температурі повітря $-40...-45^{\circ}\text{C}$. Температура фасованого морозива після загартовування у скороморозильних апаратах повинна бути не вищою за -10°C . Перед розміщенням у камеру зберігання дрібнофасоване морозиво піддають дозагартовуванню в гартувальних камерах або камерах зберігання. Тривалість, дозагартовування дрібнофасованого морозива становить від 24 до 36 год. Загартоване морозиво поміщають у камеру зберігання.

Звичайні процеси заморожування включають як динамічний, так і статичний етап заморожування. Під час динамічного заморожування суміш морозива прокачується через кільцеву камеру з холодоагентом, що оточує та активно охолоджує стінки. Стиснене повітря одночасно дозується і нагнітається

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в камеру. Суміш збивається і аерується за допомогою збірки «збивач-дашер», зрізаючи і розсіюючи дрібні бульбашки повітря в морозиві. Суміш намерзає на стінках циліндра і безперервно зскрібається обертовими лопатями на дашер [5]. Ці леза працюють з невеликими зазорами для того, щоб зрізати дрібні кристалики льоду зі стіни. Кристали, які були зіскоблені зі стінки, можуть рости в обсязі циліндра, тому для швидкого проштовхування морозива через морозильну камеру іноді використовується додаткова помпа. Суміш виходить з морозильної камери безперервної дії при температурі приблизно -5°C , при цьому 30-55% вмісту води заморожується.

Другий крок необхідний для зупинки процесу росту кристалів і підтримки тонкої структури, досягнутої в морозильній камері бочки. Контейнери для морозива пропускають через тунель для загартовування, де морозиво заморожується при температурі нижче -20°C . Нові кристали льоду не зароджуються, вода замерзає з розчину на існуючому льоду в суміші. Вибухові морозильники та морозильні камери з холодильними пластинами працюють при температурі -40°C для полегшення швидкого заморожування та збереження якості морозива. Час затвердіння визначається як час, необхідний для зниження температури в середині упаковки до -18°C . Час затвердіння 6-8 годин для упаковки об'ємом 18,9 л є типовим для звичайного гартівного приміщення, що працює в оптимальних умовах.

Не менше 80% вмісту води заморожується, повітря включається в суміш і розсіюється в дрібних бульбашках, а жирові кульки частково зливаються, допомагаючи стабілізувати структуру десерту. Для поліпшення якості морозива деякі процеси включають додатковий динамічний етап заморожування за допомогою подвійного шнекового апарату. На невеликих заводах морозильники періодичної дії іноді замінюють морозильник безперервної дії. Вони, як правило, містять менше повітря та вимагають більшого часу перебування морозива. Невеликі заводи можуть розміщувати частково заморожену суміш безпосередньо в холодильну камеру, щоб уникнути витрат на тунель для загартовування. Поки морозиво не затвердіє, необхідно зберігати додатковий простір між упаковками, щоб забезпечити охолодження. Більші кристали льоду зазвичай є результатом повільнішого затвердіння.

Вагове морозиво загартовують у морозильних камерах при природній та штучній циркуляції повітря. Температура повітря має бути не вище -20°C , а за відсутності на підприємстві компресорів двоступеневого стиснення не вище -18°C . Температура вагового морозива після загартовування повинна бути не вищим за -12°C . Беручи до уваги різні умови фризеравання загартовування, різні розміри і конфігурацію порцій і упаковок морозива, є теоретично і практично важливим співставити процеси фризеравання і загартовування за масовими частками вологи, що вимерзає, і швидкостям льодоутворення [7, 9, 12]. У молочному, вершковому, пломбірі та плодово-ягідному морозиві при виході продукту з фризера ($t = -5^{\circ}\text{C}$) частка вимороженої води становить відповідно 45,9; 40,9; 29,2 та 15,4%. При температурі зберігання морозива $-20,0^{\circ}\text{C}$ до досягнення якої повинно проводитися загартовування морозива в скороморозильних апаратах і морозильній камері, частка вимороженої води зростає відповідно до 80,2; 76,2; 72,1 та 71,6%. Таким чином, при загартовуванні

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

молочного морозива додатково замерзає 34,3%, вершкового – 35,3, пломбіру – 42,9 та плодово-ягідного морозива – 56,2% по відношенню до загального вмісту вологи у продукті.

Розрахована на підставі цих даних та даних про тривалість процесу загартовування швидкість льодоутворення в різних апаратах з повітряним охолодженням склала 1,10-2,20% за хвилину. Швидкість льодоутворення при загартовуванні морозива в ескімогенераторах (температура розсолу -40°C) досягає 4,8% за хвилину [6, 9]. З викладеного випливає, що швидкість льодоутворення морозива у фризери безперервної дії в 25 разів більша, ніж в ескімогенераторі – найбільш інтенсивному гартувальному апараті. У той же час швидкості льодоутворення у фризери періодичної дії та ескімогенераторі практично однакові. Швидкість льодоутворення в ескімогенераторі відповідно в 160 і 80 разів більша, ніж у разі загартовування морозива в гільзах при природній та штучній циркуляції повітря, і в 4,4-2,2 рази більше, ніж швидкість льодоутворення при загартовуванні морозива в повітряних скороморозильних апаратах.

З аналізу наведених даних випливає, що при проектуванні апаратів і пристроїв для загартовування морозива слід передбачати такі умови теплообміну (з урахуванням розмірів порцій та упаковок), які б забезпечували швидкість льодоутворення, принаймні, 1,0-2,5% хвилину. Цікавим є також питання про розмір кристалів льоду в морозиві. Середній розмір кристалів льоду в готовому (загартованому) морозиві значною мірою залежить від температури продукту при виході з фризера. Так, при кінцевій температурі фризеравання $-2,5^{\circ}\text{C}$ розмір кристалів становить 120-150мкм, при $-3,1^{\circ}\text{C}$ – 100-120, $-4,2^{\circ}\text{C}$ – 60-80 і при $-6,0^{\circ}\text{C}$ – 40-50мкм [5-10]. Ці дані показують, що чим менше вологи вимерзає у фризери, тим менша і кількість утворюваних кристалів льоду, які служать центрами кристалізації. А тому і розміри кристалів льоду в морозиві після загартовування будуть більшими. Розмір кристалів льоду в готовому морозиві має бути не більше 60-80мкм. В процесі загартовування морозива льодоутворення відбуватиметься лише за рахунок збільшення розмірів кристалів, що вже утворилися при фризераванні і кристали мають сферичну форму. Розрахунок розміру, якого вони досягнуть після загартовування, можна виконати за формулою

$$d_2 = d_1 \sqrt[3]{\frac{w_2}{w_1}},$$

де d_1 і d_2 – середні діаметри кристалів льоду в морозиві відповідно при виході з фризера і після загартовування, мкм ;

w_1 і w_2 – масові частки вимороженої води в морозиві при виході з фризера і після загартовування, частки одиниці.

Приймаючи температуру морозива, що виходить з фризера, рівною -5°C , а температуру загартовування -30°C (у зв'язку з перспективною температурою зберігання морозива $-28...-30^{\circ}\text{C}$) і використовуючи дані про масову частку вимороженої води в морозиві різних видів при різних температурах, за формулою було виконано розрахунок діаметрів кристалів після загартовування. При цьому d_1 приймали рівним 16,5 мкм – товщина шару суміші, що

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наморожується на поверхні циліндра фризера. Цей шар зрізається мішалкою і подрібнюється [7]. Виявилось, що діаметри кристалів морозива на молочній основі (молочного, вершкового та пломбіру) становлять 20-23 мкм, а плодово-ягідного – 28 мкм.

Як зазначалося, у сумішах морозива на молочній основі значна частина вологи зв'язується компонентами продукту. Було визначена енергія зв'язку окремих груп вологи і показано, що по мірі зниження температури морозива відбувається зменшення масової частки води в продукті. Це пояснюється тим, що в морозиві, як і в інших харчових продуктах, що швидко псуються, міститься розчин низькомолекулярних речовин (лактози, сахарози, солей неорганічних і органічних кислот), якому властиво певний (залежно від масових часток зазначених речовин) осмотичний тиск [4-8]. Сили, що виникають, відривають зв'язану воду і переводять її в розчин, з якого вона поступово вимерзає, оскільки повинна зберегтися рівноважна концентрація, що відповідає певній температурі. При цьому очевидно, що енергія порушення зв'язку вологи при якійсь температурі дорівнюватиме енергії її зв'язку при цій же температурі. Порушення зв'язку вологи при загартовуванні вершкового морозива наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Енергія порушення зв'язку вологи при гартуванні вершкового

t, °C	E, кДж/ кг	t, °C	E, кДж/ кг	t, °C	E, кДж/ кг	t, °C	E, кДж/ кг
-8	12.0	-14	150.5	-20	264.1	-26	407,7
-9	38,0	-15	172.0	-21	276.0	-27	432,0
-10	64.3	-16	187.6	-22	304.4	-28	455.9
-11	92,1	-17	205.7	-23	322.1	-29	478,0
-12	114,1	-18	223.8	-24	359.0	-30	516,3
-13	131,9	-19	244,0	-25	383,2		

З таблиці витікає, що енергія порушення зв'язку вологи при загартовуванні морозива E зі зниженням температури істотно зростає і при -30°C досягає величин, що становлять більше 1/5 питомої теплоти випаровування дистильованої води при 41°C (2401 кДж/кг). Зазначена залежність стосовно вершкового морозива може бути виражена емпіричною формулою [7]

$$E = 5785,9 - 21,75 \cdot (273 + t),$$

де t – температура продукту, °C.

2.4. Розрахунок енергетичних чинників та теплоти у виробництві морозива

Теплота у виробництві морозива відводиться під час виконання низки технологічних операцій: охолодження сумішей, молока та вершків; фрізерування сумішей; загартовування морозива в скороморозильних апаратах, ескімогенераторах, гартувальних камерах; дозагартовування морозива в гартувальних камерах [7, 9, 11]. Слід враховувати також теплопритоки з навколишнього середовища в теплообмінні апарати при виконанні підготовчих

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операцій при відтаванні та глазуванні морозива, при його пакуванні та транспортуванні в холодильні камери, тепловиділення при роботі мішалок фризерів, резервуарів для зберігання сумішей. На різних стадіях технологічного процесу мають місце також і інші невраховані теплопритоки. Теплоту, що відводиться при охолодженні сумішей Q_1 (в кДж/кг) з використанням охолоджувачів, можна розрахувати за формулою:

$$Q_1 = C_m \cdot (t'_m - t_m) \quad (2.17)$$

де C_m – середня питома теплоємність суміші в інтервалі охолодження, кДж/(кг $^{\circ}$ С);

t'_m і t_m – початкова та кінцева температури суміші, $^{\circ}$ С.

Для розрахунку теплоти, що відводиться, при охолодженні сумішей краще замість формули (2.17) скористатися таблицею ентальпій сумішей і морозива. За формулою (2.17) розраховують також теплоту, що відводиться при охолодженні молока і вершків. Питома теплоємність коров'ячого молока із вмістом жиру 3,5% при 15-20 $^{\circ}$ С становить 3,79 кДж/(кг $^{\circ}$ С), вершків (40% жиру) за тієї ж температури – 3,42 кДж/(кг $^{\circ}$ С) [6, 10]. Тепло, що відводиться при охолодженні сумішей після їх теплової обробки і відповідні теплопритоки з навколишнього середовища розраховують тільки для другого ступеня охолодження (охолодження розсолон, крижаною водою). Теплопритоки з навколишнього середовища в процесі охолодження сумішей (в кДж/кг) з використанням зрошувальних охолоджувачів можна визначити за формулою

$$Q_{o.c.} = 3,6 \cdot F \cdot \alpha \cdot \theta / G_{охл} \quad (2.18)$$

де F – площа поверхні охолодження, м 2 ;

α – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до суміші, Вт/(м 2 · $^{\circ}$ С)

$$[\alpha = 15,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С})]$$

θ – середня логарифмічна різниця температур повітря та суміші, $^{\circ}$ С;

$G_{охл}$ – продуктивність охолоджувача, кг/год.

Площа поверхні охолодження для односекційних та двосекційних охолоджувачів розраховують відповідно за формулами: $F=2f$; $F=4f$ де f - площа поверхні однієї сторони секції. Середню логарифмічну різницю температур повітря і суміші t_b визначають за формулою [9]

$$\theta = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

де – $\Delta t_1 = t_n - t'_m$; $\Delta t_2 = t_n - t_m$.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При використанні пластинчастих охолоджувачів для розрахунку теплопритоку з навколишнього середовища за F приймають зовнішню поверхню розсольної секції в робочому положенні (у зімкнутому та стислому вигляді), $\alpha=10,4$ Вт/(м²·°С) [9, 11]. При доохолодженні та зберіганні суміші в охолоджуваних резервуарах відведена теплоту розраховують за формулою (2.17) або по таблиці ентальпій суміші та морозива, а теплопритоки з навколишнього середовища через корпус резервуару в розрахунку на 1 кг суміші Q'_{oc} (у кДж/кг) – за наступною формулою:

$$Q'_{oc} = \frac{3,6 \cdot F_p \cdot K \cdot (t_n - t_m) \tau}{m_m} \quad (2.19)$$

де F_p – площа поверхні резервуара, м²;

K – коефіцієнт теплопередачі корпусу резервуара, Вт/(м²·°С) [$K=1,45$ Вт/(м²·°С)];

t_m – температура суміші, °С;

τ – тривалість перебування суміші в резервуарі, год;

m_m – маса суміші в резервуарі, кг.

Теплоту Q_2 (кДж/кг), що відводиться при фризераванні, обчислюють за формулою [9, 11]

$$Q_2 = \frac{G \cdot [c_m (t_m - t_{kp}) + 335 \cdot m_w + c \cdot (t_{kp} - t)] + 3600N \cdot h_M}{h_T \cdot G} \quad (2.20)$$

де G – маса морозива, що відповідає годинній продуктивності фризера, кг;

t_{kp} – криоскопічна температура суміші, °С;

335 – питома теплота льодоутворення, кДж/кг;

m_w – маса вимороженої води в 1 кг морозива, кг;

c – питома теплоємність морозива, кДж/(кг·°С);

t – кінцева температура морозива, °С;

3600 – тепловий еквівалент роботи, кДж/(кВт·год);

N – потужність, що споживається фризером, кВт;

h_M – механічний ККД, що враховує втрати енергії в механізмі та сальниках ($h_M=0,7-0,8$);

h_T – коефіцієнт, що враховує теплопритоки ($h_T=0,85-0,95$).

Перше з доданків у формулі (2.20), укладених у квадратні дужки, являє собою тепло, що відводиться при охолодженні 1 кг суміші від початкової температури до криоскопічної, друге – при перетворенні в лід частини вологи, третє – при зниженні температури морозива від криоскопічної до кінцевої температури фризеравання. Умовно передбачається, що вся виморожена вода, що міститься в морозиві, перетворюється на кригу при криоскопічній температурі. Доданок, що знаходиться поза квадратними дужками, є тепловиділенням при роботі мішалки [5-10]. Перша і третя складові, що

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

знаходяться всередині квадратних дужок, краще знаходити по таблиці ентальпій сумішей та морозива, взявши відповідні температури. Теплота при фризераванні, що відводиться, без урахування додаткових теплопритоків і тепловиділень при роботі мішалки також може бути визначена за таблицею ентальпій. Теплопритоки з навколишнього середовища через поверхню циліндра фризера (кДж/кг), віднесені до 1 кг морозива, складають

$$Q_{o.c.}^* = \frac{3,6 \cdot F_u \cdot \alpha \cdot (t_s - t_{CT})}{G} \quad (2.21)$$

де F_u – площа поверхні циліндра фризера, m^2 ;

α – коефіцієнт тепловіддачі повітря до стінки циліндра, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ [$\alpha = 10,4$ $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

t_{CT} – температура зовнішньої поверхні циліндра, $^\circ C$.

Теплоту, що відводиться при гартуванні фасованого і вагового морозива Q_3 і дозагартуванні фасованого морозива Q_4 , як і теплоту, що відводиться при фризераванні, можна визначити по таблиці ентальпій сумішей і морозива. Теплопритоки при гартуванні в скороморозильному апараті [6]

$$Q_{c.a.} = Q_{п.с.а.} + Q_{вент}$$

де Q_{ca} – теплопритоки при гартуванні в скороморозильному апараті, кДж/кг;

$Q_{п.с.а.}$ – теплопритоки через поверхню корпусу апарату, кДж/кг;

$Q_{вент}$ – тепловиділення під час роботи двигунів вентиляторів, кДж/кг.

$$Q_{п.с.а.} = 3,6 \cdot F_o \cdot K \cdot (t_b - t_k) / G_{c.a.} \quad (2.22)$$

де F_o – площа поверхні огорож апарату (стілки, підлога, стеля), m^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі огорож, що залежить від товщини та виду ізоляційних матеріалів корпусу апарату, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

t_k – задана температура повітря в апараті, $^\circ C$;

G_{ca} – продуктивність скороморозильного апарату, кг/год.

Враховуючи додаткові теплопритоки через завантажувальний люк та двері апарату, отримані за формулою (2.22) дані збільшують на 10%. Тепловиділення під час роботи двигунів вентиляторів у скороморозильному апараті визначається за формулою [6]

$$Q_{вент} = 3600 \cdot N_B / G_{ca},$$

де N_B – споживана потужність двигунів вентиляторів, кВт.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення теплоти, що відводиться при загартовуванні фасованого морозива, можна скористатися таблицею ентальпій сумішей і морозива і до отриманого результату додати теплоту, що відводиться при охолодженні металевих форм (у кДж/кг), що визначається за формулою [6, 11]

$$Q_{\phi} = m_{\phi} \cdot C_{\phi} \cdot (t_{н\phi} - t_{к\phi}) \cdot nZ / G_{\text{змін}}$$

де m_{ϕ} – маса форми, кг;

C_{ϕ} – питома теплоємність матеріалу форм, кДж/(кг·°C) [для сталевих форм $C_{\phi} = 0,46$ кДж/(кг·°C)];

$t_{н\phi}$ та $t_{к\phi}$ – початкова і кінцева температури форми, °C;

n – кількість форм, які одночасно перебувають у генераторі, шт.;

Z – число циклів загартовування за зміну;

$G_{\text{змін}}$ – змінна продуктивність генераторів, кг.

Теплопритоки при загартовуванні в розсольних генераторах складаються з теплопритоків через огороження, через дзеркало розсолу і відкриту поверхню морозива у формах [6, 11]. Теплопритоки через огороження розраховують за формулою (2.22) із заміною $t_{кp}$ (температура розсолу). Теплопритоки через дзеркало розсолу визначають за формулою (2.21), у якій t_{CT} замінюється на t_p , а $\alpha = 10,4$ Вт/(м²·°C). Теплопритоки через відкриту поверхню морозива у формах (кДж/кг) визначають за формулою

$$Q_{\phi M} = 3,6 \cdot F_{\text{о.п.}} \cdot \alpha \cdot (t_{в} - t_{\text{ср.м}}) \cdot \tau / G_{\text{см.}}$$

де $F_{\text{о.п.}}$ – площа відкритої поверхні морозива у формах, м²;

α – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до морозива, Вт/(м²·°C) [$\alpha = 10,4$ Вт/(м²·°C)];

$t_{\text{ср.м}}$ – середня температура морозива, °C;

τ – тривалість зміни, год.

Для підрахунку загальної кількості теплоти, що відводиться, підсумовують значення теплот, що відводяться по окремих стадіях технологічного процесу, і до отриманого результату додають невраховані теплопритоки в розмірі 10% для фасованого і 5% для вагового морозива [9]. Норми теплоти, що відводиться під час виробництва морозива, представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Норми відведеної теплоти, кДж/кг

Морозиво	Температура морозива після загартовування, °C			
	-16...-18		-20...-23	
	вагове	фасоване	вагове	фасоване
Пломбір	816	963	837	1026
Вершкове	733	879	754	952
Молочне та плодово-ягідне	796	922	816	1005

Висновки до розділу 2

На відміну від багатьох інших технологічних ліній, морозиво вимагає безперервного виробництва. Причина в тому, що при невеликій зупинці морозиво почне паяти. Ще одним важливим фактором є зовнішній вигляд

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кінцевого продукту. Сировина має не лише бути смачною, але й смачно виглядати. Тому повторювальність точних параметрів виробництва має високу цінність. Змінив можуть призвести до отримання різних зразків сировини, що недопустимо.

З технологічної точки зору, швидкість замерзання і коливання температури під час таких процесів, як загартування і зберігання, сильно впливають на розмір кристалів льоду, включення повітря і дестабілізацію жиру, змінюючи атрибути продукту. Виробництво морозива є енергоємним, що робить необхідним розробку швидких та енергоефективних виробничих процесів, спрямованих на оптимізацію співвідношення факторів для подолання цих проблем та досягнення бажаної стабільності та сенсорних атрибутів.

Тому задля підвищення якості доцільно застосовувати передові сенсорні технології та алгоритми аналізу даних, які можуть дозволити відстежувати параметри якості продукту в режимі реального часу, такі як текстура, смак і консистенція. Це сприяє швидкій адаптації виробничих процесів для підтримки єдиних стандартів якості. Штучний інтелект може автоматизувати процеси виявлення небезпек, оцінки ризиків та моніторингу санітарії, забезпечуючи дотримання гігієнічних норм у всьому ланцюжку виробництва. Системи комп'ютерного зору з підтримкою штучного інтелекту можуть виявляти сторонні предмети або забруднювачі в сировині або готових продуктах, зменшуючи потенційні ризики для здоров'я.

Суміш для морозива традиційно заморожується в процесі безперервного заморожування за допомогою методу «зішкребти та збити». Рідка суміш і повітря нагнітаються в один кінець морозильника безперервної дії і потім перемішуються. Перемішування відбувається за допомогою обертових лопатей і ривків з приводом від двигуна, які простягаються близько до внутрішньої стінки ствола. Після завершення перемішування частково заморожену суміш витягують, розподіляють по упаковках і негайно поміщають у морозильну камеру для проходження процесу затвердіння, що вимагає багато часу та енергії.

Традиційні методи виробництва морозива передбачають, що продукт повинен витримувати температурні коливання, щоб бути якісним після надходження до споживача. Кристали льоду і бульбашки повітря в емульсійній матриці морозива дуже чутливі до цих температурних коливань, тому їх необхідно стабілізувати додаванням емульгаторів і загусників.

Фризерування – основний процес виробництва морозива при здійсненні якого відбувається часткове заморожування та насичення сумішей повітрям, яке у продукті розподіляється у вигляді дрібних бульбашок [6]. В процесі фризерування суміші утворюється структура морозива, яка остаточно формується при подальшій холодильній обробці продукту. Повітряні бульбашки, що формуються в морозиві в процесі фризерування, їх розміри, рівномірність розподілу, об'ємна частка повітря в продукті також мають великий вплив на структуру і смакові переваги морозива.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА В УМОВАХ ОБМЕЖЕНЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

3.1 Вимоги до якості морозива в умовах сталого енергозабезпечення

Морозиво повинно мати високі смакові переваги, що досягаються завдяки вдало підібраним кількісним поєднанням складових частин, що містяться в певних, рекомендованих формулою збалансованого харчування співвідношеннях. Морозиво має характеризуватись достатньою збитістю, гомогенністю структури, не надто сильно охолоджувати порожнину рота, повільно танути [5-10]. Смак і запах морозива повинні бути чистими, характерними для даного виду морозива і сировини, що використовується для його виготовлення, без сторонніх присмаків і запахів. Консистенція має бути однорідною по всій масі морозива, досить щільною. Допускається слабосніжна консистенція в молочному, плодово-ягідному морозиві, а також у маложирному (до 5%).

Допускається наявність нерівномірного забарвлення в морозиві, виготовленому з використанням плодів, ягід та горіхів (як у цілому, так і в подрібненому вигляді), а також у мармуровому морозиві. Не допускається до реалізації морозиво, що має не відповідну консистенцію, з органолептично відчутними грудочками жиру та стабілізатора, а також забруднене або зі сторонніми включеннями [3-8]. Щільність суміші не є строго постійною величиною і може змінюватись у невеликих межах залежно від набору компонентів. Допустимі відхилення маси нетто для великофасованого, морозива, г: при масі нетто 500±10; 1000±20; 1500±15; 2000±20. У торговельну мережу морозиво доставляють холодильним чи ізотермічним транспортом, під час транспортування температура морозива повинна зберігатися якомога стабільнішою, також відповідати температурі продукту під час відвантаження.

Якість морозива оцінюється споживачем за смаком, запахом, структурою та консистенцією, а також (хоча меншою мірою) за кольором продукту та зовнішнім виглядом упаковки [4]. Перелічені органолептичні властивості морозива обумовлюються видом та якістю сировини – молока (вершків) та інших молочних продуктів, рослинного жиру, солодких речовин, харчових добавок, стабілізаторів, емульгаторів, ароматизаторів, барвників, а також режимами технологічних процесів. Усі відхилення від загальноприйнятих показників продукту вважають дефектами (пороками).

Вади смаку і запаху. Дати будь-яке точне визначення смаковим властивостям морозива, що приймаються за стандарт, дуже важко. Однією з причин пороків смаку та запаху морозива є вади молока, молочних та харчових добавок, що використовуються при його виробництві. Пороки смаку та запаху

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Груньковський			РОЗДІЛ 3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хорольський					52	8
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський						

молока та молочних продуктів можуть виникнути через зміну складу та властивостей сировини протягом лактаційного періоду, порушення раціонів годівлі тварин, захворювання тварин, а також порушення умов утримання худоби, зберігання та транспортування молока. До вад відносять гіркий, прогірклий, нечистий, хлівний, кормовий, затхлий, гнильний, салистий, металевий та інші присмаки та запахи молока.

Під впливом сонячних (ультрафіолетових) променів, навіть короткочасним, молоко може набути солістого смаку. Металевий присмак виникає при використанні погано лудженого або ураженого іржею посуду. Всі пороки, що зустрічаються в молоці, можуть мати різну силу і передаються морозиву. До вад смаку і запаху, які виникають при виробництві морозива можна віднести такі. Надмірна або недостатня солодкість продукту. Цілком неможливо дати будь-які точні вказівки щодо оптимального вмісту солодких речовин, оскільки смаки споживачів щодо солодкості продукту різні. Недостатньо інтенсивний або дуже різко виражений смак (або нетиповий смак) [6-10]. Вміння правильно визначити належну інтенсивність смаку, запаху та аромату (букету) морозива вимагає великої навички. Смак морозива має бути типовим кожного окремого випадку (виду продукту). Можна навести приклади нетипового смаку морозива: звичайне вершкове морозиво може мати різко виражений смак ваніліну; фруктові екстракти не завжди бувають досить схожі за смаком на фрукти, смак яких вони повинні замінювати. Надмірне внесення органічних кислот може спричинити надмірно кислий смак плодово-ягідного морозива. Найчастіше смаки, які приємні по одинці, разом дають дуже невдалі комбінації. Наприклад, деякі сорти меду добре поєднуються з ваніліном, інші ж навпаки. Можливість отримання невдалого поєднання смаків необхідно мати на увазі, особливо під час виготовлення слоеного морозива.

Пороки структури та консистенції. Оцінці структури та консистенції морозива надається зазвичай таке ж значення, як і оцінці смаку та запаху. Структура продукту характеризується розмірами, формою та розташуванням його частинок, головним чином кристалів льоду. Термін «консистенція» відноситься до властивостей маси речовини в цілому – її гомогенності, збитості тощо. У морозиві зустрічаються такі вади структури: груба (грубокристалічна), або льодова; пластівчаста, або снігова; піщана; масляниста [5]. Як відомо, хороше морозиво хорошої якості має мати ніжну структуру. Це означає, що кристали льоду та інші тверді частинки, присутні у морозиві, повинні мати малі розміри. Груба структура виникає за наявності у морозиві великих кристалів льоду (розміром понад 55 мкм) та загальної грубості будови продукту. Розмір кристалів льоду, що утворюються, залежить від складу суміші, її в'язкості, збитості і розміру повітряних бульбашок. Підвищення вмісту в суміші сухих речовин (вмісту жиру, сахарози, СЗМЗ), ступеня дисперсності повітряних бульбашок сприяє поліпшенню структури продукту, оскільки призводить до формування дрібніших кристалів льоду.

На структуру морозива впливають режими гомогенізації, тривалість дозрівання суміші, процес фризирования (конструкція фризера, гострота скребків, глибина заморожування), ретельність загартовування продукту (температура загартовування, відсутність коливань температури загартованого

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

морозива) та інших чинників. Пластівчаста або сніжиста структура. Сутність цього дефекту структури морозива цілком характеризується назвою. Причиною його є присутність у морозиві великої кількості повітря у вигляді великих повітряних бульбашок. Великі розміри повітряних бульбашок обумовлюються декількома факторами – низьким вмістом сухих речовин, СЗМЗ, стабілізаторів та високою кількістю жиру [3-8]. Ці фактори створюють умови, за яких консистенція замерзлої суміші, в яку потрапляє повітря, виявляється слабкою. Суміш не надає механізму, що збиває, достатнього опору, який необхідний для дроблення повітряних бульбашок. При руйнуванні великих повітряних бульбашок у процесі фризювання морозиво набуває пластівцевого вигляду.

Піщанистість морозива. Причиною піщанистісті є присутність у морозиві лактози у вигляді великих кристалів – вони починають відчуватися на смак при розмірі більше 10 мкм; при 20...25 мкм продукт має виражену ваду – у роті з'являється відчуття піску. Основний метод боротьби з появою піщанистісті – обмеження вмісту молочного цукру. Максимально допустима кількість лактози (і СЗМЗ) залежить від вмісту води у суміші [3-8]. Внесення наповнювачів (фруктів, горіхів, какао-порошку) та різкі коливання температури в процесі зберігання продукту посилюють порок піщанистісті. Це пояснюється тим, що тверді частинки фруктів, горіхів, какао-порошку відіграють роль центрів кристалізації, сприяючи таким чином кристалізацію лактози. Крім того, тверді частинки пов'язують вологу, що сприяє розвитку піщанистісті. Масляниста структура. Ця вада спостерігається в морозиві високої жирності (вершковому, пломбіру). Морозиво з маслянистою структурою містить грудки молочного жиру, які явно відчуються у роті. Причина цього дефекту полягає у збиванні жиру під час заморожування суміші у фризери. Правильно здійснена гомогенізація суміші виключає можливість маслянистої структури. До вад консистенції морозива відносяться крихлива, тягуча, тістоподібна, рідка, водяниста, сирна консистенція.

Крихлива, хрупка консистенція. Морозиво називають крихливим у тому випадку, коли воно легко кришиться. Поверхня такого морозива, якщо провести по ній ножем, стає шорсткою та крихкою. Існує кілька факторів, поєднання яких надає морозиво явно виражену крихливість. До них відносяться: низький вміст у суміші СЗМЗ та стабілізатора, висока збитість суміші та наявність великих повітряних бульбашок [8, 11]. Тягуча, тістоподібна консистенція. Морозиво, що володіє цим пороком, після танення має вигляд тістоподібної, тягучої маси. Головна причина надмірно щільної консистенції – високий вміст стабілізатора та СЗМЗ при недостатній збитості. Тістоподібна консистенція зазвичай супроводжується високим опором продукту таненню. Звичайне морозиво при таненні має утворювати рідину, що нагадує по консистенції жирні вершки. Рідка, водяниста консистенція. Водяниста консистенція викликається низьким вмістом СЗМЗ та стабілізатора. Морозиво з цим пороком справляє враження недостатньо жирного. Таке морозиво швидко тоне, після танення перетворюється на рідину, що нагадує молоко. Фактори, що надають суміші щільну консистенцію, є ефективними у запобіганні цьому пороку. Творожиста консистенція. Після танення такого продукту утворюється каламутна сироватка,

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

створюючи враження, що морозиво згорнулося. Причинами цієї вади є високий тиск гомогенізації, підвищена кислотність суміші та великий вміст кальцію.

Пороки кольору і упаковки. Морозиво повинно мати привабливе, приємне забарвлення. До вад кольору відносять недостатньо або сильно виражене забарвлення, а також нерівне і ненатуральне забарвлення. Для забезпечення привабливого забарвлення бажано підфарбовувати морозиво. При виробництві плодово-ягідного морозива штучне підфарбовування зазвичай використовують для доповнення природного кольору фруктів або ягід [4-9]. При цьому необхідно пам'ятати, що колір продукту змінюється залежно від реакції суміші. Так, журавлинне морозиво замість яскраво червоного кольору може придбати неприємне синювато-сіре забарвлення, якщо суміш не підкисляти відповідною кислотою. Вада упаковки особливого розгляду не вимагає – морозиво має бути акуратно загорнуте та упаковане. Серйозне значення набуває явище усадки морозива в упаковці, яке може виражатися або у відставанні морозива від стінок, або значному зниженні його рівня. Спостерігається це явище в основному в морозиві, що містить великі повітряні бульбашки.

3.2. Дослідження морозива на якість в умовах обмеження енергоресурсів

Ці дослідження розпочнемо почнемо з наступних операцій:

1. Тестування на таяння морозива є важливим показником якості та може надати корисну інформацію щодо структури морозива в періоди обмеження енергоресурсів, а отже під час нестабільного холодозабезпечення. При швидкому таянні морозиво може бути більш схильним до дефектів під час температурного циклу. Повільне розплавлення може призвести до непривабливої консистенції та текстури. Випробування на розплавлення зазвичай передбачає розміщення блоків морозива певного розміру та об'єму на екранах із дротяної сітки [2-7]. Під час плавлення рідина потрапляє через сітку в емність нижче, що дозволяє визначити втрати маси, що може дати уявлення про швидкість таяння. У роботі досліджено процес таяння морозива (рис. 3.1), під час віялових відключень енергозабезпечення холодильних камер.

Дія таяння, яке починається з поверхні, обумовлено ефектом теплопередачі. Оскільки зовнішня поверхня безпосередньо контактує з теплим повітрям, морозиво всередині матиме повільну швидкість танення, оскільки жирова кулька та вміст повітряних бульбашок можуть діяти як хороші ізоляційні матеріали. Відповідно, швидкість теплопровідності в морозиво всередині відносно повільна. На швидкість танення можуть впливати відносні фазові обсяги льоду і повітря [7, 9]. Сироваткова фаза морозива стає все більш розбавленою і має нижчу в'язкість у міру танення морозива. Ця фаза сироватки все ще повинна протікати через звивистий шлях бульбашок повітря, щоб фактично витекти зі зразка і пройти через сітку. Зі структурної точки зору, піниста структура морозива та його здатність пригнічувати відтік сироватки забезпечує найефективніший механізм контролю стабільності плавлення.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

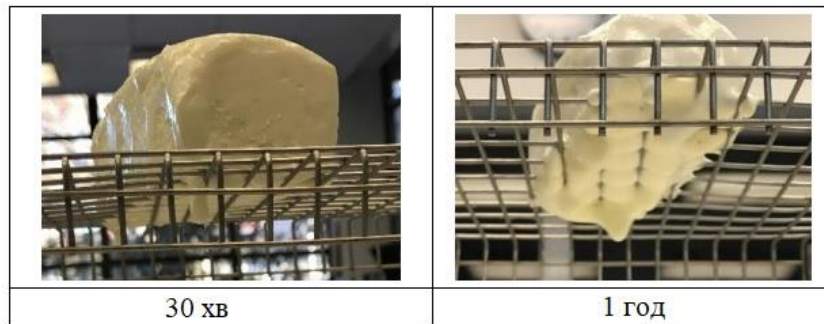


Рисунок 3.1 – Зразки морозива

Повільна швидкість танення і хороше збереження форми, як правило, вважаються бажаними якостями морозива. Морозиво має три основні структурні компоненти: повітряні клітини, кристали льоду та жирові кульки, які розсіяні протягом безперервної фази незамороженого. Ці компоненти впливають на швидкість плавлення. Структурні атрибути включають властивості повітряної фази (переповнення та розподіл розміру клітин повітря), жирової фази (загальний вміст жиру, розподіл розміру жирових кульок та ступінь дестабілізації жиру), льодової фази (об'єм льодової фази та розподіл кристалів льоду за розміром кристалів льоду) та безперервної фази (в'язкість).

2. Кількість повітря. Повітря, яке вводиться в морозиво (переповнюється) обертовими лезами та скребками, впливає на швидкість танення: морозиво, що містить велику кількість повітря (високе переповнення), має тенденцію танути повільно. Повітряні клітини діють як ізолятор і уповільнюють здатність тепла проникати всередину морозива і розтоплювати кристали льоду, тим самим знижуючи швидкість танення [5, 9]. Морозиво з низьким перевитратою швидко тоне, тоді як морозиво з високим перевитратою починало танути повільно і мало хорошу стійкість до танення. Відповідно, морозиво виготовлене з 80% перевитратою, тоне швидше, ніж морозиво, виготовлене зі 100% і 120% перевитратою.

3. Розподіл повітряних комірок за розміром. Розподіл повітряних комірок за розміром також впливає на танення, причому менші повітряні клітини, ймовірно, сприяють нижчій швидкості танення. Під час динамічного заморожування, коли суміш морозива заморожується в морожениці під час перемішування для включення повітря, повітряні осередки спочатку утворюються як великі об'єкти, але постійно зменшуються в розмірах під дією напруги зсуву або накладеної сили обертових лез дашера та скребка. Морозиво, виготовлене з 80% перевитратою, має більші повітряні осередки та кристали льоду, ніж морозиво, виготовлене зі 100% та 120% перевитратою, що, як вони зазначили, могло вплинути на швидкість танення. Є кілька факторів, які впливають на перевищення та розподіл клітин повітря. До них відносяться час перебування, швидкість обертання ротора і в'язкість.

4. Час заморожування. Кількість часу, який суміш для морозива проводить у машині під час динамічного заморожування, час перебування, впливає як на перевитрату, так і на розмір повітряних комірок, причому довший час перебування призводить до менших повітряних комірок і більшого переповнення. Однак час перебування також має значний вплив на розмір

кристалів льоду. При більш тривалому часі перебування утворюються більші кристали льоду. Розмір кристалів льоду є критичним фактором у розвитку гладкої текстури для гладкого і кремового морозива, що вимагає, щоб більшість кристалів льоду були невеликими, розміром від 10 до 20 мкм. Якщо багато кристалів більші за це, морозиво буде сприйматися як грубе або крижане.

5. Частота обертання ротора. Збільшення швидкості обертання лопатей скребка призводить до зменшення середнього діаметра бульбашки. Середній діаметр бульбашки зменшується зі збільшенням швидкості обертання міксера. Збільшення швидкості обертання динамічного міксера викликає зменшення середнього діаметра бульбашки [9]. Збільшення частоти обертання ротора, однак, має шкідливий вплив на розмір кристалів льоду. Збільшення швидкості перемішування або числа лопатей скребка має значний вплив на утворення кристалів льоду під час заморожування морозива. Це пов'язано з тим, що підвищена швидкість перемішування викликає збільшення надходження тепла, що може призвести до утворення більших кристалів льоду.

6. Кількість жиру. Морозиво, що містить велику кількість жиру, має тенденцію танути повільніше. Швидкість танення знижується при високому вмісті жиру. Морозиво з більш високим вмістом жиру м'якше і демонструє більш повільну швидкість танення, а збільшення вмісту жиру дещо уповільнює танення морозива в роті.

7. Кристали льоду. Більші кристали льоду збільшують швидкість танення, можливо, тому, що більші кристали льоду тануть довше, ніж менші. Усі розглянуті чинники, які впливають на якість виробництва морозива в періоди обмеження потужності енергопостачання технологічних апаратів та холодильних камер свідчать про необхідність впровадження резервних джерел, а саме когенераційної установки потужністю до 50 кВт, яка забезпечує виробництво електрики (для стабільного холодозабезпечення) та тепла (для випікання вафельних емностей). Для нашого випадку виберемо когенераційну установку компанії UPG (Японія). На рисунку 3.2 наведено схему автоматизованого контролю якості морозива в технологічній лінії його виробництва та системи енергозабезпечення на базі когенераційної установки потужністю 100 кВт.

Головним елементом АСК виробництва морозива є інформаційна система оцінки якості морозива з метатронною системою сенсорних датчиків. Її операційною системою сенсорних (MES- системою) керування виробництва продукції з ІІ- інтелектуальною системою інтернет речей. Така MES система контролює робочі характеристики технологічних операцій та технологічного обладнання.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – Енергозабезпечення технологічного обладнання з виробництва морозива:

1. Прийоми і зберігання компонентів; 2. Змішувач компонентів; 3. Нагрів води; 4. Охолодження; 5. Гоногенізація; 6. Виголювання; 7. Фризерування; 8. Випічка вафельних стаканчиків; 9. Дозування; 10. Закалювання; 11. Пакування в межах технологічної карти виробництва морозива

Інформація із системи керування якістю по інформаційній шині(ІШ) надходить до автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора та інтелектуальної системи керування енергозабезпеченням (ІСКЕ) технологічної лінії з виробництва морозива з системою електроприводів технологічних апаратів операцій. В системі сталого електропостачання більшість якості на виробництві морозива досягається виконанням температурних режимів, оцінкою теплопритоків, параметрів щільності та питомими витратами електроенергії на виробництва 1т морозива . В періоди віялових відключень електричних систем ІСКЕ

на основі інформації про якість продукції (стан процесу закалювання) автоматичному включенню резерва (АВР) надає команду включити когенераційну установку. Таким чином, інноваційною розробкою є оцінка якості морозива в стаціонарних і віялових періодах енергозабезпечення технологічної лінії з виробництва морозива, та енергозабезпечення її електроприводів технологічних апаратів за допомогою розподілених систем електрики без втрати якості та продуктивності.

Висновок до розділу 3

Морозиво повинно мати високі смакові переваги, що досягаються завдяки вдало підібраним кількісним поєднанням складових частин, що містяться в певних, рекомендованих формулою збалансованого харчування співвідношеннях. Морозиво має характеризуватись достатньою збитістю, гомогенністю структури, не надто сильно охолоджувати порожнину рота, повільно танути. Смак і запах морозива повинні бути чистими, характерними для даного виду морозива і сировини, що використовується для його виготовлення, без сторонніх присмаків і запахів. Консистенція має бути однорідною по всій масі морозива, досить щільною. Допускається слабосніжна консистенція в молочному, плодово-ягідному морозиві, а також у маложирному (до 5%). Допускається наявність нерівномірного забарвлення в морозиві, виготовленому з використанням плодів, ягід та горіхів (як у цілому, так і в подрібненому вигляді), а також у мармуровому морозиві. Не допускається до реалізації морозиво, що має не відповідну консистенцію, з органолептично відчутними грудочками жиру та стабілізатора, а також забруднене або зі сторонніми включеннями.

Дослідженню морозиво на якість, а саме процес таяння морозива. Тестування на таяння морозива є важливим показником якості та може надати корисну інформацію щодо структури морозива. При швидкому таянні морозиво може бути більш схильним до дефектів під час температурного циклу. Повільне розплавлення може призвести до непривабливої консистенції та текстури. Випробування на розплавлення зазвичай передбачає розміщення блоків морозива певного розміру та об'єму на екранах із дротяної сітки. Під час плавлення рідина потрапляє через сітку в есність нижче, що дозволяє визначити втрати маси, що може дати уявлення про швидкість таянні.

Результати свідчать, що на процес таяння морозива впливає:

1. Повітря, яке вводиться в морозивообертівими лезами та скребками. Морозиво, що містить велику кількість повітря має тенденцію танути повільно. Повітряні клітини діють як ізолятор і уповільнюють здатність тепла проникати всередину морозива і розтоплювати кристали льоду, тим самим знижуючи швидкість танення. Морозиво з низьким перевитратою швидко тоне, тоді як морозиво з високим перевитратою починало танути повільно і мало хорошу стійкість до танення.

2. Кількість часу, який суміш для морозива проводить у машині під час динамічного заморожування, час перебування, впливає як на перевитрату, так і на розмір повітряних комірок, причому довший час перебування призводить до менших повітряних комірок і більшого переповнення. Час перебування також

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має значний вплив на розмір кристалів льоду. При більш тривалому часі перебування утворюються більші кристали льоду, що сприятиме отриманню морозива не відповідної якості.

3. Частота обертання ротора. Збільшення швидкості обертання лопатей скребка призводить до зменшення середнього діаметра бульбашки. Середній діаметр бульбашки зменшується зі збільшенням швидкості обертання міксера. Збільшення швидкості обертання динамічного міксера викликає зменшення середнього діаметра бульбашки. Збільшення частоти обертання ротора, однак, має шкідливий вплив на розмір кристалів льоду. Це пов'язано з тим, що підвищена швидкість перемішування викликає збільшення надходження тепла, що може призвести до утворення більших кристалів льоду.

4. Морозиво, що містить велику кількість жиру, має тенденцію танути повільніше. Швидкість танення знижується при високому вмісті жиру. Морозиво з більш високим вмістом жиру м'якше і демонструє більш повільну швидкість танення, а збільшення вмісту жиру дещо уповільнює танення морозива в роті.

5. Більші кристали льоду збільшують швидкість танення, можливо, тому, що більші кристали льоду тануть довше, ніж менші.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Морозиво – це багатофазна м'яка тверда речовина, що складається з кристалів льоду, міцел казеїну, повітряних клітин і крапель емульсії (як окремих так і кластерних), втілених у незамороженій фазі сироватки, яка містить розчинені компоненти. Ці розрізнені частини взаємодіють, коли морозиво тане в роті споживача, що визначає загальну якість або прийнятність продукту. Контроль формування цих різних фаз під час замерзання морозива вимагає розуміння передових інженерних принципів. Незважаючи на те, що заморожені десерти існують століттями, сучасні виробничі процеси використовують передовий контроль для забезпечення ефективної роботи, що створює продукти з бажаними атрибутами.

Промислове виробництво морозива передбачає ретельний розгляд трьох ключових аспектів, а саме: інгредієнти та рецептура (продукт), процеси та обладнання (процес), а також удосконалення та контроль (система). Тобто на якість і продуктивність морозива значною мірою впливають три визначені аспекти: продукт, процес і система. Процес виробництва морозива має значний вплив на якість продукції, особливо з точки зору її фізичного складу, текстури, консистенції та стійкості до танення. Трьом основним процесам виробництва морозива є пастеризація, гомогенізація та динамічне заморожування.

Стандартний процес пастеризації передбачає нагрівання суміші до певної температури протягом заданого періоду з подальшим швидким охолодженням. Процес пастеризації має важливе значення для всіх сумішей для морозива, оскільки він ефективно усуває шкідливі патогенні мікроорганізми, забезпечуючи безпеку споживачів.

Після пастеризації основа морозива перекачується в гомогенізатор, де суміш піддається ретельно контрольованим режимам тиску та температури. Гомогенізація має вирішальне значення для покращення текстури, консистенції та відчуття морозива в роті, запобігаючи утворенню великих жирових кульок і забезпечуючи рівномірний розподіл жиру, стабілізаторів та інших інгредієнтів.

Заморожування відбувається в морозильній камері. Останнім часом застосовуються морозильні камери зі скребковою поверхнею, які ефективно створюють структуру, необхідну для заморожених десертів.

Аналіз наукових джерел дав змогу виявити, що системи виробництва морозива можуть варіюватися від невеликих установок до великих промислових операцій. Для великомасштабного промислового виробництва морозива дуже важливо мати надійну систему виробництва морозива для забезпечення операційної ефективності та якості продукції. Надійна система виробництва морозива охоплює кілька критично важливих функцій, включаючи планування та контроль виробничого процесу, прогнозоване технічне обслуговування, контроль якості та оптимізацію процесів. Взаємодія цих елементів сприятиме покращенню процесу виготовлення морозива.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Груньковський			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Хорольський					61	4
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський						

На відміну від багатьох інших технологічних ліній, морозиво вимагає безперервного виробництва. Причина в тому, що при невеликій зупинці морозиво почне паяти. Ще одним важливим фактором є зовнішній вигляд кінцевого продукту. Сировина має не лише бути смачною, але й смачно виглядати. Тому повторювальність точних параметрів виробництва має високу цінність. Зміни можуть призвести до отримання різних зразків сировини, що недопустимо.

З технологічної точки зору, швидкість замерзання і коливання температури під час таких процесів, як загартування і зберігання, сильно впливають на розмір кристалів льоду, включення повітря і дестабілізацію жиру, змінюючи атрибути продукту. Виробництво морозива є енергоємним, що робить необхідним розробку швидких та енергоефективних виробничих процесів, спрямованих на оптимізацію співвідношення факторів для подолання цих проблем та досягнення бажаної стабільності та сенсорних атрибутів.

Тому задля підвищення якості доцільно застосовувати передові сенсорні технології та алгоритми аналізу даних, які можуть дозволити відстежувати параметри якості продукту в режимі реального часу, такі як текстура, смак і консистенція. Це сприяє швидкій адаптації виробничих процесів для підтримки єдиних стандартів якості. Штучний інтелект може автоматизувати процеси виявлення небезпек, оцінки ризиків та моніторингу санітарії, забезпечуючи дотримання гігієнічних норм у всьому ланцюжку виробництва. Системи комп'ютерного зору з підтримкою штучного інтелекту можуть виявляти сторонні предмети або забруднювачі в сировині або готових продуктах, зменшуючи потенційні ризики для здоров'я.

Суміш для морозива традиційно заморожується в процесі безперервного заморожування за допомогою методу «зішкребти та збити». Рідка суміш і повітря нагнітаються в один кінець морозильника безперервної дії і потім перемішуються. Перемішування відбувається за допомогою обертових лопатей і ривків з приводом від двигуна, які простягаються близько до внутрішньої стінки ствола. Після завершення перемішування частково заморожену суміш витягують, розподіляють по упаковках і негайно поміщають у морозильну камеру для проходження процесу затвердіння, що вимагає багато часу та енергії.

Традиційні методи виробництва морозива передбачають, що продукт повинен витримувати температурні коливання, щоб бути якісним після надходження до споживача. Кристали льоду і бульбашки повітря в емульсійній матриці морозива дуже чутливі до цих температурних коливань, тому їх необхідно стабілізувати додаванням емульгаторів і загусників.

Фризерування – основний процес виробництва морозива при здійсненні якого відбувається часткове заморожування та насичення сумішей повітрям, яке у продукті розподіляється у вигляді дрібних бульбашок. В процесі фризерування суміші утворюється структура морозива, яка остаточно формується при подальшій холодильній обробці продукту. Повітряні бульбашки, що формуються в морозиві в процесі фризерування, їх розміри, рівномірність розподілу, об'ємна частка повітря в продукті також мають великий вплив на структуру і смакові переваги морозива.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Морозиво повинно мати високі смакові переваги, що досягаються завдяки вдало підібраним кількісним поєднанням складових частин, що містяться в певних, рекомендованих формулою збалансованого харчування співвідношеннях. Морозиво має характеризуватись достатньою збитістю, гомогенністю структури, не надто сильно охолоджувати порожнину рота, повільно танути. Смак і запах морозива повинні бути чистими, характерними для даного виду морозива і сировини, що використовується для його виготовлення, без сторонніх присмаків і запахів. Консистенція має бути однорідною по всій масі морозива, досить щільною. Допускається слабосніжна консистенція в молочному, плодово-ягідному морозиві, а також у маложирному (до 5%). Допускається наявність нерівномірного забарвлення в морозиві, виготовленому з використанням плодів, ягід та горіхів (як у цілому, так і в подрібненому вигляді), а також у мармуровому морозиві. Не допускається до реалізації морозиво, що має не відповідну консистенцію, з органолептично відчутними грудочками жиру та стабілізатора, а також забруднене або зі сторонніми включеннями.

Дослідженню морозиво на якість, а саме процес таяння морозива. Тестування на таяння морозива є важливим показником якості та може надати корисну інформацію щодо структури морозива. При швидкому таянні морозиво може бути більш схильним до дефектів під час температурного циклу. Повільне розплавлення може призвести до непривабливої консистенції та текстури. Випробування на розплавлення зазвичай передбачає розміщення блоків морозива певного розміру та об'єму на екранах із дротяної сітки. Під час плавлення рідина потрапляє через сітку в есність нижче, що дозволяє визначити втрати маси, що може дати уявлення про швидкість таянні.

Результати свідчать, що на процес таяння морозива впливає:

1. Повітря, яке вводиться в морозивообертючими лезами та скребками. Морозиво, що містить велику кількість повітря має тенденцію танути повільно. Повітряні клітини діють як ізолятор і уповільнюють здатність тепла проникати всередину морозива і розтоплювати кристали льоду, тим самим знижуючи швидкість танення. Морозиво з низьким перевитратою швидко тоне, тоді як морозиво з високим перевитратою починало танути повільно і мало хорошу стійкість до танення.

2. Кількість часу, який суміш для морозива проводить у машині під час динамічного заморожування, час перебування, впливає як на перевитрату, так і на розмір повітряних комірок, причому довший час перебування призводить до менших повітряних комірок і більшого переповнення. Час перебування також має значний вплив на розмір кристалів льоду. При більш тривалому часі перебування утворюються більші кристали льоду, що сприятиме отриманню морозива не відповідної якості.

3. Частота обертання ротора. Збільшення швидкості обертання лопатей скребка призводить до зменшення середнього діаметра бульбашки. Середній діаметр бульбашки зменшується зі збільшенням швидкості обертання міксера. Збільшення швидкості обертання динамічного міксера викликає зменшення середнього діаметра бульбашки. Збільшення частоти обертання ротора, однак, має шкідливий вплив на розмір кристалів льоду. Це пов'язано з тим, що

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищена швидкість перемішування викликає збільшення надходження тепла, що може призвести до утворення більших кристалів льоду.

4. Морозиво, що містить велику кількість жиру, має тенденцію танути повільніше. Швидкість танення знижується при високому вмісті жиру. Морозиво з більш високим вмістом жиру м'якше і демонструє більш повільну швидкість танення, а збільшення вмісту жиру дещо уповільнює танення морозива в роті.

5. Більші кристали льоду збільшують швидкість танення, можливо, тому, що більші кристали льоду тануть довше, ніж менші.

Розглянутоті та розроблені такі питання:

1. Проведено аналіз режимів роботи обладнання та технологічного процесу виготовлення морозива в умовах сталого енергозабезпечення;

2. Розроблені та проаналізовані методи підвищення інтенсифікації обладнання та енергоефективності холодильних установок для операцій фрезерування та закалювання морозива;

3. Розроблено вимоги до якості морозива в умовах сталого енергозабезпечення

4. Проведено дослідження впливу обмеження енергозабезпечення на якість морозива;

5. Розроблено автоматизовану систему керування виробництвом морозива в умовах обмежень енергоресурсів та віялових відключень.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартковський І.І. Технологія морозива. Одес. нац. акад. харч. технологій. К. : Фенікс, 2010. 248 с.
2. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія. За ред. О. І. Черевка, М.І. Пересічного. Х.: Харківський. держ. унів. харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.
2. Кравченко Л. В. Ринок морозива в Україні. Мир продуктів. 2017. №3. С. 8-12.
3. Сухенко Ю.Г., Поліщук Г.Є., Сарана В.В. Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива. Монографія. К.: НУБіП України, 2019. 299 с.
7. Поліщук Г.Є., Гудзь І.С. Технологія морозива. К.: Фірма «ІНКОС», 2008. 220 с.
9. Морозиво молочне, вершкове, пломбір : ДСТУ 4733:2007. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 39 с. (Національний стандарт України).
10. Бартковський І.І., Поліщук Г.Є., Шарахматова Т.Є. Технологія морозива. К. : Фенікс, 2010. 248 с.
11. Морозиво з комбінованим складом сировини. Загальні технічні умови: ДСТУ 4735:2007. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 23 с. (Державний стандарт України).
12. Рибак О.М., Поліщук Г.Є. Вплив технологічних режимів оброблення сумішей на формування структури морозива молочно-вівсяного. Наукові праці НУХТ. №20. т.2. К.: НУХТ, 2014. С. 209-215.
13. Савченко О.А., Грек О.В., Красуля О.О. Технологія виробництва молочних продуктів спеціального призначення. Київ; ЦП Компрінт, 2017. 218 с.
14. Грек О. В., Красуля О. О. Молокопереробка. Інновації. Київ. НУХТ, 2017. 390 с.
15. Скорченко Т.А., Гурський І.В., Поліщук Г.Є. Інноваційні технології молокопереробних підприємств: [навч. посібник]. Харків.: ХДУХТ, 2013. 375с.
16. Поліщук Г.Є., Гудзь І.С. Технологія морозива: Київ, Фірма «ІНКОС», 2008. 220 с.
17. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: навч. видання. Київ, Вища освіта, 2006. 351 с.
18. Поліщук Г.Є., Грек О.В., Скорченко Т.А. та ін. Технологія молочних продуктів: підручник: Київ, НУХТ, 2013. 502 с.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		