

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

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

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

на тему: **МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА**
ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Виконав:

здобувач вищої освіти

Камінський Яків Олексійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

доцент, к.т.н., доцент, Омельченко О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Кривий Ріг
2024

4. Аналіз результатів досліджень.
5. Висновки.
6. Список використаних джерел.

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

Обладнання для переробки та заморожування овочевої сировини.

Модернізована технологічна лінія для заморожування кукурудзи та зеленого горошку.

Технологія заморожування моркви із застосуванням бланшування

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

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2024-15.02.2024
2	Технологічний процес виробництва швидкозаморожених овочевих сумішей	16.12.2024-10.03.2024
3	Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів	11.03.2024-15.04.2024
4	Аналіз результатів досліджень	16.04.2024-30.04.2024
5	Висновки по роботі	01.05.2024-12.05.2024
6	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2024-03.06.2024

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Камінський Я.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить 17 рисунків. Список використаних джерел складається з 18 найменувань.

Об'єкт роботи – технологічна лінія для заморожування кукурудзи та зеленого горошку.

Предмет роботи – процес виробництва швидкозамороженої сировини.

Мета роботи – модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів.

У роботі зазначено, що виробництво швидкозамороженої продукції є перспективним напрямом харчового виробництва. Заморожені овочі в зимовий та весняний період є додатковим джерелом біологічно активних речовин. Сьогодні в сучасному суспільстві заморожені овочі складають велику та важливу харчову групу серед іншої замороженої харчової сировини.

На основі аналізу, було зазначено, що завдяки заморожуванню овочі зберігають свіжість набагато довше, ніж консервована або сушена продукція, але текстура клітинної сировини овочів може руйнуватися під сильним впливом процесу заморожування. Тому овочі часто потребують бланшування перед заморожуванням, що запобігає ферментативному потемнінню.

Запропоновано рекомендації щодо удосконалення виробничого ланцюга, а саме: здійснювати холодне зберігання при температурі трохи вище температури замерзання овочів, щоб викликати акліматизацію сировини до холоду; враховувати розміри нарізаної сировини у процесі обрання способу бланшування; поєднувати бланшування за допомогою перегрітої пари або гарячого повітря/інфрачервоного нагріву; зберігати в замороженому стані при температурі – 18⁰С; виконувати розморожування при помірній температурі (0–10 градусів). На основі розглянутого виробничого ланцюга замороження овочевої сировини було модернізовано технологічну лінію для заморожування кукурудзи та зеленого горошку.

Досліджено технологію заморожування овочевої сировини на прикладі моркви. Було проведено два дослідження: під час першого дослідження морква було заморожена із застосуванням бланшування; під час другого дослідження морква була заморожена без застосування процесу бланшування. Під час дослідження були враховані показники якості овочевої сировини при бланшуванні гарячою водою. Колір є показником зміни якості продукту при бланшуванні. Текстура є показником впливу бланшування на фізичні властивості продукту. Результати показали, що овочі, які заморожені без бланшування, безпечні для споживання, але мають не такі яскраві кольори, текстуру та смак. Бланшована, а потім заморожена морква зазвичай може зберігатися в морозилці до 12 місяців. Якщо пропустити процес бланшування, заморожена морква зберігається до 2 місяців.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: швидкозаморожені овочеві напівфабрикати, бланшування, технологічна лінія, колір, текстура, виробничий ланцюг, овочі.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ ОВОЧЕВИХ СУМІШЕЙ	7
1.1 Технологія заморожування овочів та фруктів	7
1.2 Транспортування овочевої сировини у процесі переробки	10
1.3 Лінії переробки та заморожування овочевих напівфабрикатів	13
РОЗДІЛ 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ	20
2.1 Виробничий ланцюг замороження овочевої сировини	20
2.2 Оптимізація технологічної лінії для заморожування кукурудзи та зеленого горошку	24
РОДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1 Якісна оцінка моркви з точки зору врахування поживних властивостей	33
3.2 Технологія заморожування моркви із застосуванням бланшування	33
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	41

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що виробництво швидкозамороженої продукції є перспективним напрямом харчового виробництва. Заморожена сировина користується постійним попитом, причому, заморожені овочеві суміші займають не останнє місце. Заморожені овочі в зимовий та весняний період є додатковим джерелом біологічно активних речовин. Сьогодні в сучасному суспільстві заморожені овочі складають велику та важливу харчову групу серед іншої замороженої харчової сировини.

Мета та задачі дослідження. Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що завдяки заморожуванню овочі зберігають свіжість набагато довше, ніж консервована або сушена продукція, але текстура клітинної сировини овочів може руйнуватися під сильним впливом процесу заморожування. Тому овочі часто потребують бланшування перед заморожуванням, що запобігає ферментативному потемнінню. Розглянуто виробничий ланцюг замороження овочів: холодне зберігання, подрібнення, бланшування, зневоднення, заморожування, зберігання.

Запропоновано рекомендації щодо удосконалення виробничого ланцюга, а саме: здійснювати холодне зберігання при температурі трохи вище температури замерзання овочів, щоб викликати акліматизацію сировини до холоду; враховувати розміри нарізаної сировини у процесі обрання способу бланшування; поєднувати бланшування за допомогою перегрітої пари або гарячого повітря/інфрачервоного нагріву; зберігати в замороженому стані при температурі – 18⁰С; виконувати розморожування при помірній температурі (0–10 градусів). На основі розглянутого виробничого ланцюга замороження овочевої сировини було модернізовано технологічну лінію для заморожування кукурудзи та зеленого горошку.

Досліджено технологію заморожування овочевої сировини на прикладі моркви. Було проведено два дослідження: під час першого дослідження морква було заморожена із застосуванням бланшування; під час другого дослідження морква була заморожена без застосування процесу бланшування. Під час дослідження були враховані показники якості овочевої сировини при бланшуванні гарячою водою. Колір є показником зміни якості продукту при бланшуванні. Текстура є показником впливу бланшування на фізичні властивості продукту. Результати показали, що овочі, які заморожені без бланшування, безпечні для споживання, але мають не такі яскраві кольори, текстуру та смак. Бланшована, а потім заморожена морква зазвичай може зберігатися в морозилці до 12 місяців. Якщо пропустити процес бланшування, заморожена морква зберігається до 2 місяців.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Камінський</i>			Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених напівфабрикатів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					6	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ ОВОЧЕВИХ СУМІШЕЙ

1.1 Технологія заморожування овочів та фруктів

Виробництво швидкозамороженої продукції слід вважати перспективним напрямом харчового виробництва. Заморожена продукція користується постійним попитом, причому, заморожені овочеві суміші займають не останнє місце. Заморожені овочі в зимовий та весняний період є додатковим джерелом біологічно активних речовин. Заморожені напівфабрикати високого ступеня готовності, крім гарантованої якості, забезпечують значну економію часу. Тому виробництво швидкозамороженої рослинної сировини є першим кроком до раціонального харчування, яке збалансовує максимальні споживчі властивості, значно знижує втрати вирощеної продукції, задовольняє попит споживачів продукцією яка готова до споживання.

Сьогодні в сучасному суспільстві заморожені фрукти і овочі складають велику і важливу харчову групу серед іншої замороженої харчової сировини. Історичний розвиток комерційних систем заморожування, розроблений для спеціальних продовольчих товарів, допоміг сформувати ринок заморожених продуктів. Технологічні інновації вже в 1869 році привели до комерційного розвитку і маркетингу деякої овочевої сировини [1]. Раніше продукти мали обмежене розповсюдження через заклади роздрібної торгівлі, а саме через недостатню поставку механічного холодильного обладнання. Роздрібна торгівля замороженими продуктами набула важливого значення з розвитком промислово заморожених овочів в 1929 році.

Індустрія заморожених овочів в основному зросла після запровадження методів бланшування і обробки в 1940-х рр. Тільки після досягнення успіху в припиненні ферментативної деградації вдалося замороженим овочам надавати відповідної споживчої привабливості. Сьогодні ринок дослідження показує, що з огляду на загальне споживання заморожених продуктів, заморожені овочі складають дуже значну частку світових заморожених продуктів в Австрії, Данії, Фінляндії, Франції, Німеччині, Італії, Нідерландах, Норвегії, Швеції, Швейцарії, Великобританії та США [1, 3, 4]. Історія комерціалізації заморожених фруктів старша за заморожені овочі. Комерційне заморожування дрібних фруктів і ягід почалося в східній частини США приблизно в 1905 році. Головною перевагою заморожування плодів є тривале використання замороженої сировини в період міжсезоння. Додатково можна перевозити заморожені плоди на віддалені ринки до яких не можна було потрапити зі свіжими фруктами. Крім того, заморожування уможлиблює цілий рік

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Камінський</i>			Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					7	13
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

здійснювати подальшу переробку плодової продукції: виготовлення компотів, соків та сиропів із заморожених цілих фруктів, скибочок або м'якоті. Збереження плодів шляхом заморожування стало одним з найбільш важливих способів консервації. Майбутнє зростання заморожених продуктів харчування найбільше впливатиме на економічні та технологічні чинники. Зростання населення, зміни в смаках та уподобаннях, а також технологічний прогрес у методах заморожування це фактори, які пов'язані з майбутніми технологіями заморожування.

Збільшення попиту на заморожену сировину спричинило потребу в промисловому виробництві товарів у великих масштабах. Наявність належного обладнання, яке придатне для безперервної обробки, є необхідним критерієм для удосконалення методів консервації при заморожуванні. Виробництво найвищої якості при найнижчих можливостях вартості сильно залежить від використовуваної технології. Розвиток технології заморожування у останні роки в основному був направлений на удосконалення механічної обробки та управління технологічними процесами, щоб збільшити швидкість заморожування і знизити собівартість сировини.

На сьогоднішній день заморожування є наймасштабнішим методом, який з'єднує пори року, а також задовольняє попит та пропозиції споживачів в замороженій сировині: м'ясо, риба, вершкове масло, фрукти та овочі. Крім того, це робить можливим рух великої кількості їжі на географічних відстанях. Важливо контролювати процес заморожування, в тому числі, підготовку до заморожування та зберігання продуктів після заморожування з метою досягнення високої якості продукції.

Заморожені овочеві суміші складають значну частину ринку замороженої продукції, яка тепер доступна в постійно зростаючому асортименті овочевих сумішей (рис. 1.1). Суміші включають в себе три і більше видів овочів, правильно підготовлених та бланшованих, наприклад, квасоля, морква, кукурудза, зелений горошок. Коли використовуються три овочі, жоден з овочів не повинен становити більше 40 відсотків від загальної маси. Індивідуальний відсоток зменшується зі збільшенням кількості видів овочів [1]. У змішаній замороженій суміші овочі, які присутні в суміші, різняться за розміром. Тому, під час попередньої обробки, особливо бланшування, необхідно подбати про те, щоб всі овочі були бланшовані належно.



Рисунок 1.1 – Заморожена овочева суміш

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

Порядок обробки овочевої суміші наступний:

- суміш чотирьох видів овочів має складати такий відсоток: жоден з овочів не менше 8 відсотків за масою, а також більше 35 відсотків за вагою всієї замороженої овочевої суміші;
- овочі перебирають, вимивають і очищають від шкірки;
- нарізають однакового розміру і бланшують в гарячій воді протягом 5 хвилин, а після відразу ж охолоджують бланшуванням;
- упаковують і заморожують.

Процес заморожування в основному складається з термодинамічних і кінетичних факторів, які можуть домінувати один над одним на певному етапі процесу заморожування. Великі теплові явища супроводжуються зниженням теплоємності сировини у процесі заморожування. Продукція, що підлягає заморожуванню, спочатку охолоджується до необхідної температури. Існує кілька способів заморожування продуктів, і в залежності від метода, який застосовується, якість заморожених продуктів може відрізнятися. Однак, незалежно від обраного способу, головний принцип всіх процесів заморожування однаковий за параметрами процесу. Міжнародний інститут холодильної техніки надав визначення, які встановлюють основу для процесу заморожування [1, 2, 3]. Згідно з їх визначенням, процес заморожування в основному поділяється на три стадії, які засновані на значних змінах температури в конкретному місці в продукту.

Починаючи з етапу попереднього заморожування їжа піддається процесу заморожування до появи першого кристала. Якщо продукт заморожений – це чиста вода, температура замерзання буде 0°C і при цьому переохолодження буде відбуватися до тих пір, поки не почнеться утворення льоду. На цьому етапі температура знижується до нуля з утворенням першого кристала льоду та зростає до температури замерзання. Другий етап – період заморожування, в якому відбувається зміна фази – перетворення води в лід. Для чистої води температура на цьому етапі є постійною. Однак у харчових продуктах вона дещо зменшується, що пов'язано з підвищенням концентрації розчинених речовин у незамерзлій частині води. Третій етап – останній етап коли температура продукту досягає точки, де більшість води для заморожування була перетворена на лід, і закінчується, коли температура знижується до температури зберігання [1, 2, 3]. Час заморожування і швидкість заморожування є найважливішими параметрами при проектуванні систем заморожування. На якість замороженого продукту в основному впливає швидкість заморожування, при цьому розраховується час заморожування за нормою заморожування. Для промислового застосування це найбільш істотні параметри у процесі заморожування при порівнянні різних типів систем та обладнання для заморожування.

Більшість фруктів і овочів містять понад 90 відсотків води. Вода і розчинені речовини всередині жорстких клітинних стінках рослин дають підтримку структурі рослини та текстурі тканини фрукта або овоча. У процесі замерзання, коли вода в клітинах замерзає, відбувається утворення кристалів льоду, що призводять до розриву клітинних стінок. Отже, текстура продукту, як правило, набагато м'якша після розморожування порівняно з незамерзеними

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

виробами. Зазвичай рекомендується розморожувати фрукти до того, поки вони повністю не розморозяться, оскільки в частково розмороженому стані вплив заморозки на тканини плодів менш помітний. Проте, з іншого боку, за рахунок того, що приготування їжі також розм'якшує клітинні стінки, зміни в текстурі, які викликані заморожуванням, істотно не помітні в приготованих для вживання.

1.2 Транспортування овочевої сировини у процесі переробки

Транспортування продуктів харчування здійснюється конвеєрним способом та пневмотранспортуванням. На харчових виробництвах конвеєрний спосіб транспортування здійснюється на стрічкових, скребкових, ковшових, гвинтових, інерційних, вібраційних та гравітаційних транспортерах, а пневмотранспортування – за допомогою установок пневмотранспорту.

Стрічкові конвеєри (стрічкові транспортери) отримали широке поширення завдяки своїй універсальності. Ці пристрої застосовують для транспортування вантажів по горизонтальних і комбінованих трасах, вони представляють собою конвеєрну стрічку, що безперервно рухається. Залежно від типу роликкоопор конвеєрна стрічка має пласку або жолобчасту форму. Необхідний натяг конвеєрної стрічки забезпечує натяжна станція [2, 6]. При необхідності стрічкові конвеєри оснащують допоміжним обладнанням, що забезпечує їх експлуатацію в заданому режимі та створює умови для нормальної та надійної роботи всіх механізмів: завантажувальних, centruючих та очисних пристроїв, засобів контролю пробуксовки, цілісності та обриву стрічки, пристроїв для збирання вантажів, апаратури автоматичного управління, сигналізації тощо.

Усі стрічкові конвеєри, незалежно від їх параметрів та кута нахилу, повинні бути оснащені гальмівними пристроями, а встановлювані з кутом нахилу більше 6° повинні мати крім гальмівних пристроїв основи. Довжина стрічкового конвеєра може становити від 1...2 м до 1 км і більше, продуктивність – від кількох кубометрів на годину до кількох тисяч кубометрів, ширина стрічки – від 0,4 до 1,8 м, швидкість руху стрічки – від 0,5 до 5 м/с [4, 8, 16]. Популярність стрічкових конвеєрів досягається завдяки таким їх властивостям, як висока продуктивність, що забезпечується швидкістю руху стрічки, низькі енерговитрати, простота конструкції, висока надійність при тривалій експлуатації. До недоліків стрічкових транспортерів відносять високий опір руху стрічки на опорних роликах, обумовлений провисанням стрічки та тертям її гумової обкладки об ролики. Відбувається підвищення енергоємності транспортування вантажу та зниження терміну служби. Вартість стрічки та роликів становить відповідно близько 50 та 30% загальної вартості транспортера. Слід також зазначити, що використання стрічкових транспортерів утруднено при транспортуванні пилоподібних, гарячих та важких штучних вантажів, а також при кутах нахилу траси, що перевищують $18...20^\circ$.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конвеєри скребкові переміщують вантаж, що рухається по жолобу або трубі скребками. Робочою гілкою зазвичай є нижня, рідше – верхня, іноді обидві гілки. Скребкові конвеєри можуть завантажуватися та розвантажуватись у будь-якій точці по всій довжині жолоба. Застосування скребкових конвеєрів обмежено через подрібнення вантажів та швидке зношування жолоба, особливо під час переміщення абразивних матеріалів. Крім того, для таких конвеєрів характерна велика витрата енергії [4, 8, 16].

Гвинтові конвеєри призначені для транспортування вантажів на відстані до 40 метрів. Перевага гвинтового конвеєра, щодо інших видів конвеєрів, полягає у простоті конструкції та обслуговуванні, герметичності траси – транспортування вантажів відбувається у закритому жолобі, що забезпечує захист приміщень від пилу тощо. Також гвинтові конвеєри можуть застосовуватися у якості дозаторів матеріалу у різних технологічних ланцюжках.

Залежно від умов розрізняють такі види: конвеєр підлоговий або підвісний. Підлогові можуть бути стаціонарними, пересувними чи переносними. Гнучкий гвинтовий конвеєр (безвальний) – конвеєр, альтернативний традиційному шнековому із внутрішнім валом. Сировина подається за допомогою спіралі великої товщини, без внутрішнього валу, що ковзає по поверхні зі зносостійким і стійким до тертя покриттям по днищу накопичувального лотка. Лотки форми горизонтального швелерного перерізу виготовляються з вуглецевої сталі або з нержавіючої сталі з відповідною зовнішньою обробкою. Перетин нижньої частини лотка трохи ширше, що дозволяє розмістити обшивку, яка утримується на місці верхніми боковинами лотка [4, 8, 16]. На одному з країв лотка знаходиться горловина вертикального або кінцевого розвантаження. З боку двигуна шнек оснащений несучою пластиною, що укріплена біля кінця лотка для розміщення на ній кінцевого підшипника в комплекті з валом із фланцевим з'єднанням спіралі, що транспортує матеріал. Встановлений редукторний двигун відповідає особливостям використання системи. Завантаження матеріалу для транспортування може здійснюватися зверху на відкритий лоток (стандартно) або через завантажувальну горловину на приєднану гайками кришку (можлива опція), або збоку через особливий отвір у лотку в зоні завантаження (можлива опція).

Спіраль без внутрішнього валу надає більш широкі можливості транспортування сплутаних матеріалів, які мають тенденцію створювати закупорки або матеріалів зі сторонніми вкрапленнями. Склад матеріалу, велика товщина та конструктивні рішення роблять спіраль особливо міцною та гарантують тривалий термін функціонування. У цій конструкції відсутні проміжні опори, які б створювали перешкоди руху матеріалу і ставати причиною захаращень. Конвеєр повністю закритий, що дозволяє уникнути витоків матеріалу; кришки з прокладками перешкоджають проникненню запахів і попаданню будь-яких речовин ззовні, проте, гарантують доступність для чищення внутрішніх поверхонь. Вимоги до технічного обслуговування зведено до мінімуму і вибір покриттів може виготовлятися з найширшої гама варіантів з урахуванням специфічних характеристик транспортованого

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

матеріалу [10, 13]. До основних недоліків гвинтових транспортерів слід віднести те, що матеріал, крім поступального руху в напрямку осі транспортера, що здійснює обертальний рух у напрямку окружної швидкості шнека, здійснює обертальний рух, що підвищує енерговитрати та знижує їх продуктивність, а в деяких випадках може негативно вплинути на властивості вантажу.

Ковшові елеватори – це машини безперервної дії, призначені для переміщення сировини різної фракції у вертикальному напрямку або близькому до нього. При величині фракції від 0 до 5 мм, рекомендується застосовувати стрічкові елеватори. При крупності від 5 до 30 мм застосовуються ланцюгові.

Ковшовий елеватор складається з металевої опорної конструкції з горизонтальними та вертикальними ділянками на яких укріплені напрямні шляхи зірочко-приводні, натяжні та поворотні. Насипний вантаж завантажується в ківш у будь-якому місці нижньої горизонтальної ділянки та переміщається як на горизонтальній так і на вертикальній ділянці конвеєра без перевантажень. В якості елемента передачі руху застосовують стрічки або ланцюги. Завантаження ковшів здійснюється або зачерпуванням вантажу з нижньої частини кожуха елеватора або засипанням вантажу у ківш. Елеватори можуть мати різну швидкість. Перевагою елеваторів є простота конструкції та можливість транспортування матеріалів різних фракцій різної вологості на значну висоту [4, 9]. До основних недоліків ковшових елеваторів належать: невідповідність фактичної та технічної продуктивності через недоліки приймальних та перевантажувальних пунктів, що веде до збільшення енерговитрат; підвищена запиленість у приймальних та перевантажувальних пунктах та просип сипучої маси; чутливість до перевантаження; обов'язковість рівномірної подачі вантажу; необхідність пристрою для запобігання зворотному ходу при вимкненому приводі.

На вібраційному конвеєрі вантажу повідомляються несиметричні коливання. В результаті плавного руху труби конвеєра вгору та різкого руху вниз відбувається відрив частинок вантажу від поверхні труби та переміщення їх уздовж неї. Продуктивність вібраційних конвеєрів становить від кількох центнерів до кількох сотень тон на годину, найбільша довжина – 100 м. Спеціальні типи вібраційних конвеєрів застосовують також для переміщення вантажів нагору [4, 9]. Основними перевагами вібраційних конвеєрів, що забезпечують їх ефективне застосування у промисловості є: відсутність подрібнення вантажу, що переміщується в процесі транспортування; нікчемний знос вантажонесучого органу; простота конструкції; практично повна відсутність тертя та швидкозношуваність деталей; легкість обслуговування та догляду; невисока енергоємність; безпека експлуатації; можливість завантаження та розвантаження в будь-якій точці вантажонесучого органу; зростання ефективності при транспортуванні під ухил. Наведемо основні фактори, що визначають доцільність застосування вібраційного конвеєра того чи іншого типу.

На підприємствах, де проводиться переміщення пилу, вібраційні конвеєри у герметичному виконанні виявляються у багатьох випадках найбільш раціональним видом транспорту, що забезпечує безпечні та сприятливі умови праці для обслуговуючого персоналу. Вібраційний транспорт виявляється

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

доцільним при переміщенні високоабразивних, гарячих, кородіюючих та інших агресивних матеріалів, оскільки принцип його роботи та конструктивне виконання, з одного боку, обумовлюють низьку інтенсивність зносу робочого органу, а з іншого – дозволяють вживати в особливих випадках спеціальних заходів таких, як установка охолоджуючих сорочок, застосування стійких покриттів та ін. Переміщення вібраційними конвеєрами насипних вантажів по гранулометричному складу можуть бути дуже різними: від дрібнодисперсних (з розміром зерна в межах десятка мікрон) до вельми крупнокускових (діаметром більше 1 м), а також штучні [4, 9]. Простота здійснення автоматизації роботи, тобто регулювання режиму транспортування (швидкість руху, інтенсивність підкидання матеріалу) відповідно до процесів сушіння або охолодження. На кондитерських фабриках, оптових складах харчової промисловості вібраційні конвеєри використовують у програмних системах для дозованого подання різноманітних компонентів даного виробництва. Можливість поєднання технологічних процесів з одночасним переміщення вантажу.

Вібраційні конвеєри застосовують для транспортування на невелику відстань (трохи більше 200 м). Найбільш доцільно вібраційні конвеєри більшості типів застосовувати для транспортування на відстань до 50 м, тому, що в цьому випадку можуть бути використані простіші в конструктивному відношенні та більш надійні в експлуатації однопривідні транспортні установки. Важливим фактором є також напрямок транспортування. Наприклад, вібраційні конвеєри з гвинтовим жолобом під час переміщення вантажів вертикально на невелику висоту (до 12 м на один привід) в ряді випадків успішно конкурують з елеваторами та іншими установками для вертикального транспортування. У той же час, у випадках, коли необхідно змінити напрямок транспортування, можна застосовувати лише вібраційні конвеєри, що допускають реверсування (електромагнітні та врівноважені з ексцентриковим приводом).

1.3 Лінії переробки та заморожування овочевих напівфабрикатів

Заморожені напівфабрикати високого ступеня готовності, крім гарантованої якості, забезпечують значну економію часу. Тому виробництво швидкозамороженої овочевої сировини є першим кроком до раціонального харчування, яке збалансовує максимальні споживчі властивості, значно знижує втрати вирощеної продукції, задовольняє попит споживачів продукцією яка готова до споживання. Заморожені овочі та овочеві суміші швидкого приготування можуть бути незамінними на підприємствах швидкого харчування та на інших підприємствах де немає заготівельних цехів. Заморожені овочі та овочеві суміші можуть використовуватися як гарнір, підгарнірування, заправка, а також як наповнювач або компонент для салатів.

Лінія переробки картоплі та моркви. Процес виробництва різних видів картоплі ділиться на кілька етапів: очищення, нарізка, бланшування, зневоднення, смаження, знежирення та пакування. За виробничою потужністю його можна розділити на повністю автоматичні виробничі лінії та напівавтоматичні виробничі лінії [6]. Зазвичай повністю автоматичні виробничі

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

лінії підходять коли добова виробнича потужність перевищує 1000 кг, тоді як напівавтоматичні виробничі лінії підходять коли добова виробнича потужність становить менше 1000 кг. Обладнання, яке входить до технологічної лінії з виробництва картоплі, представлено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Обладнання, яке входить до технологічної лінії з виробництва картоплі

Електронавантажувач встановлює ящиківий піддон на раму контейнеро-перекидача, який висипає овочі в бункер. З бункера, за допомогою елеваторного конвеєра, сировина надходить у трьох секційну мийну машину. Вимиті овочі потрапляють на живильний шнек пароочисної машини, потім відбувається обробка паром під тиском, після чого овочі потрапляють у розширювач і на розвантажувальний шнек. Подальше очищення відбувається в пілері де видаляється шкірка і проварений шар продукту. Після пілера продукт подається на інспекційний конвеєр де здійснюється інспекція та дочистка вручну. Потім елеваторним конвеєром продукт подається до овочерізальної машини. Після нарізки в машині овочі звільняються від залишок, з їхньої поверхні змивається крохмаль і вони направляються конвеєром на теплову обробку.

Теплова обробка картоплі здійснюється у дві стадії. Спочатку картопля обробляється НВЧ полем у машині безперервної дії. Це відбувається таким чином: картопля через завантажувальне вікно потрапляє на транспортер, встановлений у робочій камері, просувається до розвантажувального вікна і обертається полем високої частоти. Через розвантажувальне вікно брусочки картоплі попадають на перфоровану стрічку скребкового транспортера. Картопля протягується через шар нагрітої олії. Обсмаження картоплі здійснюється у фритюрниці безперервної дії. Після обсмажування картопля потрапляє на вітбротранспортер, де звільняється від зайвої олії. Потім картопля проходить через тунель в якому обсушується та охолоджується потоками повітря. Після тунелю картопля надходить на автоматичну пакувальну ділянку, яка складається з бункера-накопичувача, пакувального автомата, транспортера, конвеєра для видалення пакетів. Упакована картопля конвеєром подається на ділянку заморозки.

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

На конвеєрі може бути встановлена напрямна пластина, яка поділяє конвеєр на два напрямки: одна гілка призначена для теплової обробки картоплі, інша – моркви. Нарізана морква через дозатор насипається у функціональну ємність, яку оператор встановлює на транспортер варочного пристрою. Варильний пристрій містить 10 функціональних ємностей. Морква вариться у двохкратній кількості води протягом 25 хвилин. Після теплової обробки ємності збираються на столі-накопичувачі і оператор укладає їх на стелаж. Деякий час стелажі знаходяться під місцевими вентиляційними відсмоктувачами, де продукт охолоджується та підсихає. Потім оператор відвозить стелаж до апарату, що змішує і висипає його в робочу камеру. Після перемішування отримана суміш висипається в бункер накопичувач ділянки упаковки. Запакована суміш подається конвеєром на ділянку заморозки.

Лінія переробки білокачанної та цвітної капусти. Автоматична лінія з переробки капусти S80 дозволяє готувати шатковану капусту для квашення або для салатів. Вона може досягати продуктивності 8 т/год [1]. Вся технологічна лінія складається з різних компонентів, включаючи перекидач, розвантажувальний стіл, напівавтоматичну машину для видалення кочериги, шинкувальну машину, конвеєрну стрічку, дозатор солі/спецій, дозатор для тертя моркви, а також конвеєри, які допомагають у підготовці до транспортування (рис. 1.3).

За допомогою контейнероперекидача капуста висипається в бункер. З бункера вона надходить на конвеєр, де вручну зачищається від брудного, сухого листя. Зачищені качани попадають у накопичувач, де потім оператор бере з накопичувача качан і зрізає кочеригу на рівні нижнього листя. Для зрізання кочериги встановлений стіл зі стрічковим ножом та рухомою кришкою. Ніж рухається у площині, яка паралельна площині столу. У верхній (рухомій) кришці є отвір для кочериги. Обрізані качани оператор складає у спеціальну гратчасту тару з кришкою по 4-5 штук і опускає її у ванну із сольовим розчином. Тара опускається по направляючому лотку і підхоплюється транспортером. Залежно від швидкості транспортера замочування капусти триває 5-10 хв.



Рисунок 1.3 – Автоматична лінія з переробки капусти S80

Потім тара з капустою сітчастим транспортером протягується між верхніми та нижніми пристроями, що обдають душем, та здійснюється миття капусти. Після цього вона також надходить у накопичувач, де розрізається

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

на 2-4 частини, залежно від розміру. Для розрізання також використовується стіл зі стрічковим ножом і рухомою кришкою. Але ніж рухається перпендикулярно до площини столу. Розрізані качани оператор завантажує в овочерізальну машину. Нашаткована капуста укладається у функціональну ємність з кришкою і спрямовується на теплову обробку. Тару, що звільнилася, оператор складає на пересувний стелаж і відвозить на початок ділянки замочування. Теплова обробка капусти здійснюється також як і моркви. Остигла капуста прямує на ділянку упаковки, після чого конвеєром подається на ділянку заморозки.

Промислова технологічна лінія S65 – це ручна лінія переробки капусти продуктивністю близько 5000 кг/год. Вона може бути оснащена 2 окремими сівалками для капусти, капустяними полозками з кришками для додаткової безпеки, ємністю для засолювання та транспортером [5] (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Лінія переробки капусти S65

На конвеєрі цвітну капусту звільняють від покривного листа і відправляють у накопичувач. Потім оператор обрізає кочеригу і кладе качан на конвеєр, де він вручну розбирається на суцвіття. Відділені суцвіття на сітчастому транспортері протягуються між пристроями, що обдають душем, і направляються на теплову обробку. Потім працівники перевіряють цвітну капусту, яка пройшла через машину для видалення серцевини, щоб переконатися, що з неї правильно видалено серцевину. Якщо ні, вони видаляють серцевину з головок вручну та переконуються, що всі суцвіття цвітної капусти відокремлені. Під час цього етапу, який призначений більше для забезпечення якості, працівники візуально перевіряють роботу машини, щоб переконатися, що продукт, який надходить, є суцвіттями цвітної капусти. Потім суцвіття цвітної капусти промивають у дезінфікованій промивній воді та відправляють у сушарку [7]. Сушарка сушить суцвіття цвітної капусти та відправляє її на іншу конвеєрну лінію до вагової машини з кількома головками (рис. 1.5). Відведена кількість потім потрапляє в автоматичну пакувальну машину.

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



Рисунок 1.5 – Вагова машина для цвітної капусти

Лінії переробки томатів. Томати з контейнера викладаються на сітчастий транспортер де здійснюється їх інспекція, видаляються плодоніжки. Потім томати протягуються транспортером через пристрої, що обдають душем, промиваються і по похилому лотку направляються в завантажувальний бункер овочерізки. Нарізані томати падають у функціональні ємності, які працівник складає в стелаж і відвозить до кулінарного цеху. Проводиться короткочасне бланшування томатів парою, після чого томатам дають охолонути, зважують і направляють на ділянку змішування.

Лінія переробки перців. Ящик з перцями ставиться на стіл, працівник видаляє плодоніжку, серцевину і складає перець у спеціальну сітчасту тару. Коли тара наповниться, працівник промиває перець за допомогою пристроїв, що обдають душем. Потім перець висипається в завантажувальний бункер овочерізки. Нарізаний перець складається в перфоровані функціональні ємності, повторно промивається під душем, складається в стелажі і відвозиться на теплову обробку. Після чого перець остигає, зважується і прямує на ділянку змішування.

Лінія переробки кукурудзи та зеленого горошку. Зелений горошок – корисний овоч з багатим вмістом вітамінів. Зелений горошок, також відомий як садовий горох, який широко використовується в багатьох кухнях та підлягає заморожуванню. Зелений горошок є найпоширенішим замороженим овочем.

Мішки з горохом підвозяться до бункера і висипаються. Через дозатор горох насипається в перфоровані функціональні ємності, сітчастим транспортером прямує у мийну ванну, де промивається душуючими пристроями. Потім ванна заповнюється водою, при цьому, пустотілі горошини і сміття спливають і видаляються через зливний отвір, а інші важкі домішки осідають на дно. Горох замочується протягом 30 хвилин. Після чого включається привод транспортера і функціональні ємності переміщуються у варильний пристрій. Варіння гороху здійснюється у воді протягом 30 хвилин [5, 6]. У той час, коли ємності із замоченим горохом переміщуються у варильний пристрій, на транспортер встановлюється наступна партія ємностей із горохом для замочування. Число ємностей у партії – 10. Відварений горох охолоджують і транспортують на ділянку змішування. Тару, що звільнилася, направляють на мийку, а потім знову на початок лінії. Лінії переробки кукурудзи та зеленого горошку наведено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Лінії переробки кукурудзи та зеленого горошку

Далі сировина відправляється на ділянку змішування, упаковки та заморожування. Оператор завантажує компоненти в камеру і включає електродвигун. Процес перемішування триває 1-5 хвилин. Потім робоча камера нахилиється і суміш висипається в бункер-накопичувач на ділянку упаковки. Овочева суміш, що подається транспортером, насипається у завантажувальне вікно пакувального автомата. Автомат видає упаковки розміром 250x200 мм, вагою 1000 г (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Заморожена овочева суміш

Запакована суміш конвеєром направляється в морозильний апарат, де заморожується на сітчастому вібротранспортері при температурі -35°C в псевдозрідженому шарі повітря. Після цього пакети потрапляють на розвантажувальний конвеєр, де їх сортують та упаковують у коробки. Кожен вид продукції з кожної партії відбирається і направляється в лабораторію для проходження контролю на якість. При незадовільних результатах проводиться подвійна вибірка з тієї ж партії і, якщо результати підтверджуються, то партія визнається неякісною та реалізації не підлягає. Запечатані коробки маркують та на візку відвозять на тимчасове зберігання. Коли накопичується 20-25 коробок їх відвозять в морозильну камеру.

Переваги заморожених продуктів [4]:

1. Менше шкідливих для здоров'я інгредієнтів. У деяких оброблених харчових продуктах використовують сіль, як консервант, щоб вони зберігалися довше. Але заморожені овочеві суміші не містять солі, оскільки вони не розморожуються, поки споживач не дістане їх із морозильної камери.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. Заморожені продукти свіжі. Свіжа їжа може виглядати привабливо, коли вона вперше потрапляє на полиці продуктових магазинів, але вона може розкладатися в теплих або вологих умовах. І якщо купувати свіжі інгредієнти для їжі після того, як вони продежать кілька днів на полицях магазину, можна виявити, що їх потрібно швидко з'їсти, перш ніж вони стануть неїстівними. Навпаки, заморожені продукти можуть зберігатися в морозильній камері протягом багатьох місяців.

3. Заморожені продукти безпечні. Коли відбувається заморожування продуктів, бактерії стають неактивними. Одна з небезпек полягає в тому, що може відбуватися забруднення бактеріями їжі, перш ніж вона потрапить до морозильної камери. Тому під час розморожування їжі бактерії знову можуть активізуватися, що призведе до харчового отруєння. Ще одним фактором ризику є занадто довге розморожування при кімнатній температурі. Найкраще дотримуватися правил безпечного поводження з харчовими продуктами та ретельно готувати їжу, щоб знищити будь-які бактерії, які в ній можуть бути присутні.

4. Зберігати їжу в морозильній камері зручно. Наявність запасу заморожених страв – чудовий спосіб зробити своє повсякденне життя зручнішим. Наприклад, можна планувати заздалегідь і готувати заморожені продукти на кожен день тижня. Оскільки заморожені страви можна швидко розморозити в мікрохвильовій печі то не потрібно чекати годинами поки їжа розморожується при нижчих температурах; можна швидко і легко приготувати смачний обід або вечерю прямо з морозильної камери.

5. Зменшення харчових відходів. У заморожених сумішах отримуємо однакові шматочки, які можете з'їсти без відходів. Це пов'язано з тим, що процеси підготовки видаляють будь-які частини, які не відповідають критеріям якості. Це означає, що не відбуваються втрата зайвих продуктів під час очищення при приготування їжі.

6. Консистенція заморожених продуктів. Виробники заморожених продуктів мають суворі процеси контролю якості, оскільки споживачі очікують, що їхні інгредієнти та страви матимуть однакову консистенцію та смак. Якщо стандарти виробничої обробки не будуть відповідної якості то клієнти зможуть швидко знайти іншого постачальника. Це означає, що сировина матиме незмінну якість щоразу, коли ми купуємо в одного бренду.

На основі вище зазначеного можна вважати, що виробництво швидкозамороженої продукції є перспективним напрямом харчового виробництва. Заморожена продукція користується постійним попитом, причому заморожені овочеві суміші займають не останнє місце. Заморожені овочі в зимовий та весняний період є додатковим джерелом біологічно активних речовин. Сьогодні в сучасному суспільстві заморожені фрукти і овочі складають велику і важливу харчову групу серед іншої замороженої харчової сировини.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 2
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА
ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

2.1 Виробничий ланцюг замороження овочевої сировини

Заморожування є широко використовуваним методом тривалого зберігання продуктів харчування. Завдяки заморожуванню овочі та фрукти зберігають свіжість набагато довше, ніж консервована або сушена продукція. Але текстура клітинних продуктів, таких як овочі та фрукти, можуть руйнуватися під сильним впливом процесу заморожування. Тому овочі часто потребують бланшування перед заморожуванням, що запобігає ферментативному потемнінню. Бланшування впливає на рослинну текстуру. Плоди рідко бланшують завдяки їхній відносно м'якій текстурі, тому на них сильніше впливає процес заморожування, ніж на овочі.

Останнім часом багато досліджень присвячено удосконаленню методики обробки овочевої сировини для покращення процесу заморожування, наприклад, ультразвук і заморожування під високим тиском [9-12]. Науковцями пропонуються шляхи оптимізації загального виробничого ланцюга замороження сировини з метою інтенсифікації процесу. Розглянемо виробничий ланцюг замороження овочів.

1. Холодне зберігання. Після збору врожаю фрукти та овочі зберігаються при низьких, незамерзаючих температурах для буферизації перед подальшою обробкою, як заморожування. Загалом фрукти і овочі зберігаються при таких низьких температурах, які запобігають охолодженню або обмороженню. Через застосовувані температури і час зберігання, холодне зберігання мало впливає на якість заморожування. Проте на цій стадії відбувається акліматизація сировини до холоду, що сприяє захисту клітинної мембрани або запобіганню зневоднення клітин. В акліматизованих тканинах, як клітинна мембрана так і клітинна стінка, є ефективним бар'єром для позаклітинного льоду. Неакліматизовані тканини часто виявляють внутрішньоклітинний ріст льоду [12, 13]. Мембрани з ушкодженнями від охолодження дозволяють проходити льоду з позаклітинного простору у внутрішньоклітинний простір. Утворення внутрішньоклітинного льоду часто є небажаним для живої тканини. Звикання до холоду, як попередня обробка до замерзання, була досліджена для моркви і шпинату. Результати показують значне зниження шкоди від замерзання. Морква зберігалася при 0⁰C для здійснення холодної акліматизації. Холодна акліматизація листя шпинату виявляється через зміну середовища температури під час росту. Пережитий холодний стрес викликав холодну акліматизацію. Однак, якщо акліматизований овоч підлягає бланшування кілька захисних ефектів, наданих

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						20	13
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

білками або мембранний склад буде усунено через білок денатурації та термічне пошкодження мембрани. Кількість накопичених розчинених речовин у вакуолі приведе до зниження температури замерзання і зменшення кількості розмір кристалів льоду.

2. Подрібнення. Перероблені овочі та фрукти часто нарізають скибочками, зменшуючи розмір для зручності споживання або для збільшення швидкості нагрівання в процесі термічної обробки, наприклад, бланшування, охолодження або замороження. Рослина все ще метаболічно активна і нарізка спричиняє біохімічний захисний механізм. У процесі подрібнення, фенольні сполуки, які присутні у вакуолі, вступають в контакт з ферментами, що призводить до руйнування. Також прискорюється біохімія дозрівання, що призводить до швидшого розм'якшення текстури [12, 13]. Крім того, нарізка може спричинити посилення втрат від вилуговування розчиненої речовини при подальшій обробці, яка проводиться у воді (бланшування). Процес пом'якшення текстури у процесі подрібнення можна зупинити, якщо сировину негайно бланшувати. Для фруктів бланшування роблять не завжди, бо їх можна заморозити безпосередньо після нарізання. Оскільки для заморожування потрібен час, нарізані фрукти можна занурити у воду, щоб наповнити їх антиоксидантами та ферментами. Антиоксиданти можуть сповільнити потемніння та уповільнити прискорене розм'якшення текстури.

3. Бланшування. Бланшування, в першу чергу, призначено для інактивування ферментів. Для зелених овочів це важливо, бо інакше через окислення ліпідів під час заморожування може виникнути неприємний запах. Також бланшування сприятиме зменшенню ферментативного потемніння [12]. Однак для деяких овочів, наприклад, морква, є різні судження, щодо необхідності бланшування, оскільки вони мають обмежений вплив на текстуру та потемніння [10]. Інші дослідження стверджують, що дуже швидка обробка опускання моркви в окріп на 10–20 с достатня для інактивації ферментів, відповідальних за окислення ліпідів.

Звичайні процеси бланшування включають занурення овочів в гарячу воду або із застосуванням пари. Бланшування через занурення в гарячу воду забезпечує гарний теплообмін, але це також може призвести до вимивання активних речовин, бо нарізані продукти є дуже вразливими. Втрата розчинених речовин означає підвищення температури замерзання і тому збільшення кількості та розміру кристалів льоду, що є негативним для якості заморожування [5, 10, 12]. Вилуговування розчиненої речовини зменшується шляхом бланшування парою. Парове бланшування є також швидкий процес завдяки ефективній передачі тепла через конденсацію пари. Використання перегрітої пари допускає температури нижче 100⁰С.

Вплив термічної обробки при бланшуванні на текстуру можна зменшити за допомогою застосування таких методів:

– низька температура та тривалий час бланшування – посилює активність ферментів, що підвищують міцність клітинної стінки. Багато овочів вже містять достатньо кальцію у матеріалі їхніх клітинних стінок, але його можна додавати до води для бланшування або настоювання за допомогою вакуумного просочування. Зміцнення клітинної стінки сприятиме зменшенню здатності

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утримувати воду, але може краще протистояти стисненню, яке викликане зростанням кристалів льоду під час замерзання;

– висока температура та короткий час бланшування – променевий нагрів, радіочастотний або мікрохвильове нагрівання. За допомогою цих методів можна нагріти сировину до 80⁰С за один хвилина. Об'ємний нагрів значно збільшує швидкість нагріву незалежно від розміру сировини. Проте, особливо через мікрохвильове нагрівання, часто спостерігається велика нерівномірність температури, що робить таку технологію у багатьох випадках складною у процесі контролю. Підвищення коефіцієнтів теплопередачі, як у струменевій технології, ефективний лише якщо розмір продукту достатньо малий, щоб швидкість нагрівання була незмінною визначається зовнішній коефіцієнт тепловіддачі, а ніж теплопровідність всередині продукту [12, 13]. Деякі методи сухого бланшування дозволяють комбінувати процес із дегідратацією, тобто висушуванням, з метою збільшення концентрації розчиненої речовини і, таким чином, зниження початкової точки замерзання та остаточне покращення якості замороженого продукту. Приклади цих сухих технологій бланшування: інфрачервоне/гаряче повітря та бланшування гарячим повітрям, радіочастотним нагріванням.

3. Зневоднення. Картопляні вироби та деякі овочі після бланшування потім сушать, щоб видалити поверхневу воду та уникнути утворенню грудок під час замерзання в тунелі або розбризкування масла під час обсмажування. Зневоднення також може поліпшити якість заморожених овочів і фруктів, бо зменшує кількість води і збільшує концентрацію розчиненої речовини, і, отже, знижується початкова точка замерзання сировини, що призводить до зменшення утворюючих кристалів льоду. Етап зневоднення можна проводити за допомогою звичайного повітря сушінням. Ця технологія особливо стосується фруктів і овочів, які майже завжди бланшуються (руйнують цілісність клітинної мембрани). Для овочів зневоднення може бути поєднано з бланшуванням. Щоб покращити якість заморожених овочів або фруктів кількість води, яку потрібно видалити шляхом зневоднення, має бути 30–50%. Окрім покращення текстури, також спостерігається скорочення часу заморожування, що значно зменшує споживання енергії [12].

Науковцями пропонується покращити швидкості масообміну шляхом поєднання зневоднення за допомогою таких методів, як високий тиск або імпульс електричних полів з метою підвищення тимчасового проникнення в клітинну мембрану. Збереження життєздатності клітин вимагає швидкого заморожування для утворення внутрішньоклітинного льоду та щоб дрібні круглі кристалики льоду не пробили клітинну мембрану. Однак, це досягається для небагатьох пористих продуктів, таких як листові овочі (наприклад, листя шпинату) і фрукти, такі як полуниця і яблука.

4. Заморожування. Як правило, промислово оброблені фрукти та овочі заморожуються за допомогою повітряно-струйного заморожування в тунелях конвеєрної стрічки. Повітря нагнітається великими вентиляторами над холодильною установкою, а потім над стрічкою з продуктами, що дозволяє проходити через нього вертикальний потік повітря. Температура повітря часто встановлюється від –18 до –40⁰С і швидкість повітря порядку 1 м/с.

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

Можна застосовувати дві стратегії для покращення заморожування: підвищенням швидкості замерзання або посиленням зародження кристалів льоду [10]. Швидкість замерзання визначається кількома факторами, а саме: розміром сировини, коефіцієнтом теплопередачі теплоносія і температурою морозильника. Швидкість теплопередачі можна покращити шляхом збільшення швидкості повітряного потоку: зіткненням струменів заморожування або заморожуванням в киплячому шарі, вибором іншого охолоджувального середовища, наприклад, рідиною під час занурення при заморожуванні, криогенною рідиною або газом з рідкого азоту або заморожуванням за допомогою CO₂. За допомогою струменів повітря, що стикаються з поверхнею харчових продуктів, можна досягти локального коефіцієнта тепловіддачі 400 Вт/м² К. Слід зазначити, що збільшення швидкості повітря також сприяє масообміну, тобто випаровуванню води з їжі, що може бути небажаним.

Кріогенне заморожування використовується на практиці для заморожування дуже вразливих фруктів та овочів, таких як ягоди [12, 13]. Висока швидкість кріогенного заморожування в основному відбувається через низьку температуру теплоносія, холодного азоту або газу CO₂. Температура замерзання обумовлена низькою температурою кипіння кріогенних рідин, яка становить – 78⁰С або – 196⁰С для CO₂ та N₂ відповідно. Обидва гази є досить інертні і не проникають в їжу. Кріогенні рідини також можна розпилювати на продукти, а потім заморожувати підсилюючи теплом, необхідним для випаровування крапель кріогенної рідини на поверхні продуктів.

При заморожуванні зануренням, охолоджуюче середовище повинно залишатися рідким, це можуть бути суміші вода/гліцерин, вода/етанол або подібні рідини [9-12]. Коефіцієнти теплопередачі в рідинах значно вищі, ніж у потоці повітря, які знаходяться в діапазоні 150-1500 Вт/м² К. Під час занурення заморожування в таких рідинах буде відбуватися просочування в їжу розчинених речовин з рідини, якщо їжа не має належного бар'єру.

При досить низьких температурах замерзання їжа набуває склоподібний стан та є переохолодженою. Кількість утвореного льоду залежить від швидкості замерзання. Однак, якщо розморозувати ці переохолоджені продукти надто повільно, при низьких температурах може виникнути лід трохи нижче точки замерзання. Увесь захист, який пропонує склоподібний/переохолоджений стан проти пошкодження замерзання усувається повільним відтаюванням [10]. Для стимуляції зародження льоду було випробувано декілька нових технологій, таких як: ультразвук, статичні або коливальні електричні поля, електромагнітні магнітні поля.

Для обробки харчових продуктів шокова заморозка є найпростішим методом реалізації на практиці. Під час шоку при заморожуванні продукт спочатку повільно охолоджують до близько 5⁰С і витримують в переохолодженому стані протягом деякого часу. Після витримки температуру замерзання різко знижують до –20⁰С.

Однак деякі результати свідчать, що шокове заморожування полуниці все ще показує пошкодження від заморожування порівняно зі звичайним повільним заморожуванням, незважаючи на контрольоване зародження кристалів льоду [11]. Швидке зростання кристалів льоду викликало значне механічне

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

навантаження на клітинні мембрани та клітинні стінки, які розщеплені шматками та подібні до тих, які відбувається під час нарізки. Мабуть, жорсткість клітини є важливим фактором, який слід враховувати при застосуванні шокового заморожування.

На основі вищезазначеного можна стверджувати, що для удосконалення виробничого ланцюга заморожених овочів і фруктів необхідно:

- здійснювати холодне зберігання при низькій температурі, трохи вищою температурою замерзання овочів, щоб викликати акліматизацію сировини до холоду;
- враховувати розміри нарізаної сировини у процесі обрання способу бланшування: низька температура та тривалий час бланшування або висока температура та короткий час бланшування;
- поєднувати бланшування за допомогою перегрітої пари або гарячого повітря/інфрачервоного нагріву;
- оптимізувати швидкість заморожування з мінімальними кристалами льоду;
- зберігати в замороженому стані при температурі – 18⁰С;
- під час зберігання в замороженому стані пакування має мінімізувати вплив температурних коливань.
- виконувати розморожування при помірній температурі (0–10 градусів).

2.2 Оптимізація технологічної лінії для заморожування кукурудзи та зеленого горошку

Основна обробка овочів зазвичай ділиться на два етапи: видалення із поверхні овочів забруднення, пилу, дрібних комах та інших неїстівних речовин та очищення для якого використовується багато різних методів.

Вимоги до якості первинної переробки овочів:

- відповідно до різних їстівних частин сировини використовуються різні методи обробки для видалення неїстівних частин;
- для забезпечення гігієни овочі мийуть відповідними методами для видалення землі, яєць комах, пестицидів тощо;
- овочі необхідно мити перед нарізкою, щоб запобігти втрати поживних речовин і забруднення;
- вимиті овочі слід помістити в контейнер, який можна осушити, і акуратно розкласти сировину для полегшення нарізання та тонкої обробки.

На основі розглянутого виробничого ланцюга замороження овочевої сировини модернізуємо технологічну лінію для заморожування кукурудзи та зеленого горошку.

Машина для миття овочів є важливим обладнанням у технологічній лінії. Пропонується для миття сировини застосовувати овочемийну машину з нержавіючої сталі (рис. 2.1). Дане обладнання виготовлене з високоякісної нержавіючої сталі 304, а харчові матеріали безпечні, надійні та не забруднюють навколишнє середовище. Транспортування є стабільним, швидкість

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

регулюється і сировина рухається разом із конвеєрною стрічкою, щоб уникнути пошкодження транспортованого матеріалу.



Рисунок 2.1 – Машина для миття овочів

Овочемийна машина підтримує три види методів очищення: перемішування бульбашок, розпилення для очищення овочів, високу швидкість миття та не пошкоджує сировину. Машина менш шумна і підходить для випадків, коли робоче середовище відносно тихе. Конструкція проста і легка в обслуговуванні; низьке енергоспоживання і низька вартість використання. Овочемийна машина з нержавіючої сталі широко використовується для миття овочів: капусти, грибів, селери, шпинату, коренеплодів (картопля, морква, біла редька) або для очищення яблук, полуниці та інших фруктів [14]. Машина для миття складається з основної частини, такої як: корпус резервуара, внутрішній корпус резервуара, сітка ізоляції осаду, підйомний пристрій і пристрій для створення бульбашок. Має низку переваг, а саме:

- регульовані ніжки та аераційний насос, щоб вода досягла стану «перекидання» для створення ударної суперхвилі, тому сировина безперервно перекидається під дією води та ультразвукових хвиль;
- лінія розпилення забезпечує вторинне очищення, енергозбереження для економії розпилюваної води;
- сушильні лінії сприяють швидкому висиханню овочів;
- підтримує миття під високим тиском та може використовувати кілька комбінацій для миття різних матеріалів з дотриманням відповідних вимог.

Принцип роботи машини для миття овочів в основному полягає у використанні передньої частини коробки обладнання для впорскування відповідної кількості води, коли сировина проходить через коробку, вона буде перебувати в стані перекидання під взаємодією бульбашкової машини та води і продовжуватиме рухатися вперед за допомогою сітчастого поясу, коли поверхня води скидається, відбувається миття під високим тиском. Машина для очищення призначена для матеріалів з високими вимогами до зовнішнього вигляду.

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

Етапи роботи овочемийної машини з нержавіючої сталі [14]:

- очистка резервуару для води та наповнювання його водою (заповнити резервуар водою до переповнення);
- запуск конвеєрної стрічки за допомогою двигуна, щоб стрічка рухалася нормально і напрямком був правильним;
- запуск вихрового насосу, повітря автоматично потрапляє у резервуар;
- відкриття крану спринклера і вода буде рівномірно бризкати на сітчасту стрічку;
- перевірка кожної робочої частини та переконання, що вона працює у нормальному режимі;
- залежно від ступеня очищення матеріалу його можна очистити окремо перед транспортуванням сітчастої стрічки.

Бланшування – невід’ємна ланка технологічної лінії з виробництва замороженої овочевої суміші. Бланшування – це термічна обробка, яка зазвичай виконується перед харчовими процесами, такими як сушіння, заморожування, смаження та консервування. Під час тривалого зберігання важливе значення має збереження якості продукту, оскільки це інактивує ферменти та знищує мікроорганізми під час виробництва, збирання та транспортування [9]. Бланшування передбачає швидке нагрівання овочів і фруктів до заданої температури та витримку її протягом визначеного проміжку часу, як правило, від 1 до менше ніж 10 хвилин. Потім бланшований продукт або швидко охолоджують або відразу передають на наступний процес.

Промислова безперервна машина для бланшування овочів – це пристрій для бланшування у процесі якого відбувається захист кольору при переробці фруктів і овочів. Бланшувальник може використовуватися для бланшування фруктів, коренеплодів, фруктових нарізок, а також може застосовуватися для бланшування м’ясних продуктів. Вся машина використовує двошарові сітчасті ремені з нержавіючої сталі 304.

Бланшувальна машина необхідна у процесі попередньої обробки швидкого заморожування, зневоднення та сублімаційного сушіння. Ця машина має характеристики швидкої дезактивації, інгібування ферментів і захисту кольору, а також своєчасного зневоднення. Процес бланшування ефективно запобігає активності ферментів у фруктах і овочах, зберігає унікальний свіжий колір фруктів і овочів, позбавляє зелених овочів запаху і зберігає аромат. Процес бланшування покращує м’якість клітин, сприяє виведенню води та є потужним засобом для наступного процесу зневоднення овочевої сировини. Бланшувальна машина для фруктів та овочів наведена на рисунку 2.2. Бланшування зупиняє ферментативну активність, яка руйнує овочі. Ці ферменти можуть витримувати низькі температури та продовжувати процес розпаду, навіть якщо їжа заморожена. Попередня обробка їжі окропом або парою вбиває ферменти.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рисунок 2.2 – Бланшувальна машина

У якості джерела енергії в обладнанні використовують електричну енергію або пару. Розроблена і виготовлена відповідно до принципів термодинаміки та різноманітних харчових вимог. Може бланшувати продукти різної специфікації [15]. Стерилізатор для бланшування овочів поміщає овочеву сировину в киплячу воду для приготування, а потім переміщує її вперед через мережевий ланцюговий конвеєр. Час і температура бланшування автоматично контролюється, а сам процес бланшування простий, безпечний та економічний, щодо споживання води та енергії. Машина для бланшування має низку переваг, а саме:

- проста в експлуатації та має велику потужність;
- матеріал з нержавіючої сталі, автоматичний контроль температури, двошарова ізоляція;
- швидкість нагрівання висока і температуру можна підвищити за короткий час;
- висока ефективність, легкість експлуатації, економія праці тощо;
- процеси завантаження, зволоження, охолодження та вивантаження можуть працювати безперервно;
- оснащений системою охолодження за допомогою якої можна досягти ефекту швидкого охолодження овочів.

Після бланшування овочі необхідно охолодити, щоб уникнути високої температури, якій піддавалася рослинна тканина. Крім того, зниження температури буде перешкоджати розмноженню мікроорганізмів, які викликають псування рослинних тканин. Процес охолодження є принципово важливим для забезпечення найменшого споживання енергії на стадії заморожування. Для швидкого та ефективного охолодження рекомендується використовувати заморожену воду. Рідке середовище забезпечує швидкий теплообмін із продуктом. Охолоджувальна машина представлена на рисунку 2.3.

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



Рисунок 2.3 – Охолоджувальна машина

Незалежно від того, використовуєте ви воду чи пару для бланшування продуктів, наступний крок залишається незмінним – охолодження. Машина для бланшування овочів в основному включає дві частини: бланшування та охолодження. Після бланшування овочі конвеєром подають на наступний процес, а саме охолодження. Етап охолодження може ефективно покращити колір овочів і подовжити термін зберігання продукції (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Кулер для холодної води

Вібраційне сито застосовується для перевірки та сортування зеленого горошку, кукурудзи та іншої рослинної продукції яка широко використовується в харчовому виробництві (рис. 2.5). Майже всі лінійні вібраційні машини складаються з коробки екрану, опорного або підвісного пристрою, приводного блоку, віброізоляції тощо [16]. Вібраційні сита використовують подвійні вібраційні двигуни для приводу. Два двигуни обертаються синхронно та в зворотному напрямку, збуджуючи сили, які створюються ексцентричним блоком, рухаються паралельно напрямку осі двигуна, а потім об'єднуються в одному напрямку осі двигуна, тому його шлях руху є лінійним.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 2.5– Вібраційне сито

Існує кут нахилу між двома осями двигуна відносно екрану. Під впливом результуючої сили збудження та ваги сировина підкидаються вгору, щоб зразки, які мають не відповідну якість, були відсіяні через отвори. Обладнання має низку переваг, а саме: низьке споживання енергії, висока ефективність, легке обслуговування, повне ущільнення та відсутність викидів пилу тощо. Далі сировина потрапляє на вібротранспортер (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Вібротранспортер

Після миття фруктів та овочів, бланшування та охолодження на поверхні рослинної сировини залишається багато крапельок води. Краплі води прискорюють псування їжі та впливають на її зберігання. Якщо їжу потрібно висушити для цього потрібне відповідне обладнання для обробки. Повітряна сушарка для харчових продуктів КТ-DH35SL – це автоматизоване виробниче обладнання (рис. 2.7). Його можна підключити до машин для чищення бульбашок фруктів і овочів, машин для чищення харчових спреїв, машин для чищення харчових щіток і шкірки та іншого обладнання, в основному використовується вентилятор високого тиску на конвеєрній стрічці для зневоднення харчових продуктів, таких як овочі та фрукти.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.7 – Сушильна машина

Обладнання в основному складається з повітряної сушарки та конвеєрної стрічки. Під час транспортування вентилятор високого тиску висушує їжу. Кількість і об'єм повітря вентилятора високого тиску можна налаштувати відповідно до вимог. Нижня частина конвеєрної стрічки складається із сітки з нержавіючої сталі (конвеєрна стрічка може бути налаштована відповідно до вимог), а надлишок води можна злити з сітки [17]. Сушильна машина має низку переваг, а саме те, що вона може видаляти краплі води з поверхні їжі після очищення їжі, запобігати росту бактерій, збільшувати час зберігання сировини, зменшувати вміст води, зменшувати час для сушіння та обробки харчових продуктів, а також зменшити витрати енергії та витрати на обробку харчових продуктів і покращити якість обробки харчових продуктів. Сушильна машина є необхідним обладнанням для технологічної лінії із виробництва заморожених овочевих сумішей, виробництва фруктових соків і напоїв, переробки горіхових снєків, переробки сухофруктів.

Після завершення фази кондиціонування проводиться зважування продукції та підрахунок ефективності процесу зневоднення. В упаковці не повинно бути надлишкового продукту тому, що це призведе до економічних втрат. В упаковці має бути 500 грам або 1 кілограм продукту. Овочі повинні бути загорнуті в непрозорі поліетиленові пакети високої щільності з низькою проникністю вологи та кисню. Зазвичай для виготовлення використовується білий колір для поліетиленових пакетів. Непрозора плівка захистить виріб від радіації, тому уникне його окислення. Крім того, слід зменшити порожній простір всередині пакетів (зменшується рух вологи всередині упаковки).

Фрукти та овочі багаті на необхідні поживні речовини, такі як мінерали, вітаміни та антиоксиданти; але вони мають короткий термін зберігання. Заморожування є найкращим способом збереження порівняно з іншими методами щодо збереження поживних речовин і підтримки сенсорних властивостей. Протягом останніх кількох десятиліть найпоширенішими технологіями для заморожування фруктів і овочів є повітряний струмінь, криогенне заморожування, занурення та пластинчасте заморожування. Повітряне струменеве заморожування, яке є економічно ефективним і простим,

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

все ще є найпоширенішою технологією, незважаючи на низьку швидкість заморожування порівняно з іншими звичайними методами [18]. Пластинне заморожування вимагає розміщення продукту на одній або стиснення між двома низькотемпературними пластинами, що охолоджуються циркулюючим холодоагентом; однак він не підходить для виробів неправильної форми та призводить до прилипання продуктів до пластин.

Заморожування є одним із найбільш застосовуваних процесів збереження харчових продуктів. Цей процес заснований на відведенні тепла з продуктів, які потрібно зберігати шляхом підтримки достатньо низької температури та спрямований на суттєве уповільнення або зменшення руйнівної дії мікроорганізмів, кисню та ферментів на продукті. Такі характеристики овочів, як розмір, внутрішня структура і товщина клітинної мембрани впливають на закономірності процесу заморожування. Заморожування овочів є широко використовуваним процесом, оскільки він забезпечує більшу ефективність збереження фізико-хімічних і сенсорних властивостей овочів.

У заморожених продуктах немає води для розвитку мікробів, тому немає можливості для псування мікроорганізмами, якщо зберігання належне. Отже, термін придатності їжі обмежується ферментативними, фізичними та хімічними змінами, які можуть відбуватися навіть при низькій температурі зберігання. Збереження в продукті таких якостей, як смак, аромат, колір і текстура є основною метою процесу і це збереження суворо пов'язане зі швидкістю заморожування.

Щоб отримати заморожений продукт відповідної якості, швидкість заморожування повинна бути максимально високою. Це діапазон замерзання води при яких утворюються кристали льоду. Швидкість безпосередньо впливає на розмір кристалів льоду, які утворюються в рослинних тканинах. Дуже низька швидкість заморожування швидше призведе до утворення кількох великих кристалів, тоді як висока швидкість забезпечує утворення багатьох кристалів невеликого розміру, що краще. Утворення великих кристалів викликає руйнування рослинної тканини, таким чином, провокуючи втрату сенсорної якості продукту.

Для великих конструкцій можна використовувати безперервний морозильний тунель з потоком холодного повітря. У цій морозильній камері повітря проходить через упакований вже продукт в діапазоні температур від -30°C до -40°C зі швидкістю від 1,5 до 6,0 м/с залежно від продукту. Висока швидкість забезпечує відповідна теплопередача. Стрічковий конвеєр подає продукт через тунель. Потік повітря може бути перпендикулярним або паралельним потоку продукту (рис. 2.8).

Використання такого обладнання дозволяє швидко знизити температуру сировини без втрат вологи, корисних властивостей та смакових якостей. Також камера швидкого заморожування використовується для глибокого заморожування та для подальшого зберігання в умовах низьких температур різних продуктів/напівфабрикатів. Шокова заморозка широко використовується на підприємствах харчового виробництва.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 2.8 – Камера швидкого заморожування

Вплив температур заморожування на функціональну та поживну якість овочів може бути неточним, оскільки більшість овочів бланшують перед заморожуванням, що часто має більш глибокий ефект, ніж саме заморожування. Хоча бланшування є корисним для збереження природного смаку та аромату, фіксації кольору та інактивації деградуючих ферментів, воно також може призвести до втрати вітамінів і термолабільних сполук. Окрім деградації, пов'язаної з бланшуванням, розчинені речовини, які втрачені з рослинних клітин під час бланшування, спричиняють зниження точки замерзання, тим самим сприяючи утворенню більших кристалів льоду та текстурному пошкодженню рослинної тканини [18]. Температура та метод заморожування впливають на швидкість заморожування та впливають на розмір кристалів, таким чином впливаючи на остаточну текстуру та поживну якість заморожених овочів.

Під час зберігання слід бути дуже обережними, оскільки ця фаза є однією з найважливіших у процесі збереження якості заморожених продуктів. Щоб уникнути будь-яких хімічних або біохімічних реакцій бажано зберігати заморожені продукти при температурі нижче -18°C . Перепади температури в сховищі камери можуть погіршити якість виробів, а також скоротити термін їх споживання. Коливання температури можуть призвести до накопичення води на внутрішніх поверхнях упаковки. У деяких випадках може призвести до поверхневого зневоднення з подальшим поверхневим окисленням продукту. Крім того, коливання температури можуть прискорити утворення кристалів льоду всередині продукту.

На основі вищезазначеного можна вважати, що заморожування є широко використовуваним методом тривалого зберігання продуктів харчування. Завдяки заморожуванню овочі та фрукти зберігають свіжість набагато довше, ніж консервована або сушена продукція. Але текстура клітинних продуктів, таких як овочі та фрукти, можуть руйнуватися під сильним впливом процесу заморожування. Тому овочі часто потребують бланшування перед заморожуванням, що запобігає ферментативному потемнінню.

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

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Якісна оцінка моркви з точки зору врахування поживних властивостей

Морква є одним із найпопулярніших овочів у світі. Морква також має низку поживних властивостей при дуже низькій кількості, а також має чудовий смак. Морква – це коренеплід, який вперше почали вирощувати в Афганістані близько 900 року нашої ери. Помаранчевий колір найвідоміший з кольорів, але вона також буває інших відтінків, включаючи фіолетовий, жовтий, червоний і білий [10, 11]. Помаранчева морква була виведена в Центральній Європі приблизно в 15 або 16 столітті. Цей популярний і універсальний овоч може дещо відрізнятися на смак залежно від кольору, розміру та місця вирощування. Цукор у моркві надає їй трохи солодкуватий смак, але вона може мати земляний або гіркий смак. Розглянемо поживні властивості моркви:

1. Морква є джерелом вітаміну А. Вітамін А відомий науково як ретинол. Він міститься в продуктах тваринного походження, таких як жирна риба, яйця та печінка.

2. Морква багата на клітковину. Морква є хорошим рослинним джерелом клітковини, причому, велика морква містить більше двох грамів клітковини. Приблизно половина цього вмісту клітковини є розчинною, а решта – нерозчинною клітковиною [10, 11]. Клітковина може сприяти ситості, уповільнюючи транзит їжі через кишечник.

3. Морква низькокалорійна. Морква містить клітковину, широкий спектр поживних речовин і високий вміст води (усього 29 калорій у великій моркві). Загалом, низькоенергетичні та багаті поживними речовинами продукти, такі як морква, як правило, сприяють насиченню.

4. Високий вміст каротиноїдів Морква має один із найвищих вмістів каротиноїдів серед усіх рослинних продуктів. На додаток до свого внеску в споживанні вітаміну А, харчові каротиноїди можуть мати додаткові переваги.

3.2 Технологія заморожування моркви із застосуванням бланшування

Заморожену моркву краще використовувати для приготування супів, рагу, запіканок та інших гарячих страв. Вона може скоротити час приготування, проте якщо розморозити заморожену моркву і споживати то вона буде не такою корисною, як свіжа. Морква може розмокнути або втратити свою текстуру. Проведемо два дослідження: під час першого дослідження моркву будемо заморожувати, застосовуючи бланшування; під час другого дослідження моркву будемо заморожувати без застосовування процесу бланшування.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Камінський</i>			Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					33	5
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

Бланшування – це термічна обробка, яка зазвичай виконується перед харчовими процесами, такими як сушіння, заморожування, смаження та консервування. Під час тривалого зберігання важливе значення має збереження якості продукту, оскільки це інактивує ферменти та знищує мікроорганізми під час виробництва, збирання та транспортування [9]. Бланшування передбачає швидке нагрівання овочів і фруктів до заданої температури та витримку її протягом визначеного проміжку часу, як правило, від 1 до менше ніж 10 хвилин. Потім бланшований продукт або швидко охолоджують або відразу передають на наступний процес.

Розглянемо методи бланшування:

1. Бланшування гарячою водою. Даний метод є найпопулярнішим і комерційно прийнятним методом бланшування, оскільки його легко використовувати [4, 8, 9]. Під час типового бланшування у гарячій воді продукти занурюють у гарячу воду (70–100°C) на кілька хвилин. Потім бланшовані зразки зливають і охолоджують перед відправкою на наступну операцію обробки. Загалом, після певного часу бланшування воду для бланшування потрібно поповнити, оскільки вона насичується поживними речовинами, що вимиваються з продуктів. Цей етап не тільки споживає велику кількість води, а й енергії. Для збереження кольору продукту та інактивації мікробної активності у воду для бланшування часто додають сульфат натрію.

2. Бланшування парою високої вологості. Перегріта пара зазвичай використовується як нагрівальний засіб для бланшування через високий вміст ентальпії. На ранній стадії парового бланшування пара конденсується на поверхні продуктів і велика кількість прихованого тепла передається до сировини, оскільки температура продукту нижча, ніж температура пари. Температура продуктів поступово підвищується до досягнення критичної температури активності ферментів після чого вони інактивуються [9]. Вважається, що парове бланшування є відносно недорогим і зберігає більшість мінералів і водорозчинних компонентів порівняно з водним бланшуванням через незначний ефект вилугування. З іншого боку, під час процесу бланшування парою розм'якшення тканини та небажані зміни якості часто призводили до тривалого часу нагрівання через нижчу тепловіддачу під час бланшування парою, ніж при бланшуванні гарячою водою, особливо коли швидкість пари дуже низька.

3. Бланшування в мікрохвильовці. Мікрохвилі – це електромагнітні хвилі з довжиною хвилі від 1 мм до 1 м, які мають відповідні частоти від 300 МГц до 300 ГГц [8]. Мікрохвилі знаходять багато застосувань в харчовій промисловості при обробці їжі. При мікрохвильовому нагріванні нагріті матеріали поглинають мікрохвильову енергію та перетворюють її в тепло за допомогою ефекту діелектричного нагрівання, спричиненого обертанням молекулярного диполя та перемішуванням заряджених іонів у високочастотному змінному електричному полі. У порівнянні зі звичайними методами нагрівання, які застосовуються в харчовій промисловості, мікрохвильове нагрівання має ряд переваг, таких як: об'ємне нагрівання, висока швидкість нагрівання та короткий час обробки.

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

4. Інфрачервоне бланшування. Інфрачервоне нагрівання генерується електромагнітним випромінюванням, яке потрапляє між межами хвиль видимого світла (0,38–0,78 мкм) і мікрохвиль (1–1000 мм) [8, 9]. На відміну від теплопровідності або конвекції, тепло інфрачервоного випромінювання може поширюватися як через вакуум, так і через атмосферу. Воно поглинається молекулами харчових компонентів за допомогою механізму обертально-коливальних рухів, що виділяє тепло. Крім того, глибина проникнення інфрачервоного випромінювання сильно залежить від складу і структури їжі, а також від довжин хвиль випромінювання. Чим більша довжина хвилі випромінювання, тим глибше її проникнення. Тому в харчовій промисловості часто використовується глибоке інфрачервоне нагрівання.

Дослід 1. Заморожуємо моркву застосовуючи бланшування. Колір будемо використовувати як критичний параметр для оптимізації якості моркви під час бланшування гарячою водою.

Для проведення дослідження підготуємо моркву до заморожування. Для цього буде використовуватися наступне обладнання: овочечистка (не обов'язково), обробна дошка та ніж, каструля з окропом, шумівка, миска з крижаною водою, деко, пергамент і пакети для заморозки (використовуємо пакет для багаторазового використання).

1. Очищуємо та нарізаємо моркву кружечками (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Очищена та нарізана морква кружечками

2. Опускаємо скибочки моркви в киплячу воду, щоб бланшувати їх протягом декількох хвилин. Нарізану скибочками або кружечками моркву слід бланшувати протягом 2 хвилин. Маленьку цілу моркву (наприклад, дитячу моркву) потрібно бланшувати 5 хвилин. Бланшування – це процес короткого варіння їжі в киплячій воді з наступним зануренням їжі в крижану воду, щоб припинити варіння. Цей процес допомагає зберегти якість, текстуру, колір і поживність овочів.

Бланшування – це процес, під час якого овочі відварюються або готуються на пару до часткової готовності. Це важливий крок перед заморожуванням багатьох овочів, включаючи брокколі, листову зелень, стручкову квасолю, спаржу [8]. Бланшування припиняє ферментативну активність, яка руйнує овочі. Ці ферменти можуть витримувати низькі

температури та продовжувати процес розпаду, навіть якщо їжа заморожена. Попередня обробка їжі окропом або паром вбиває ферменти.

3. Виймаємо та поміщуємо у миску з крижаною водою (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Скибочки моркви у крижаній воді

4. Зливаємо моркву та викладаємо в один шар на застелене деко (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Підготовка моркви до заморожування

5. Поміщаємо моркву у морозильну камеру на 1-2 години поки не застигне. Швидке заморожування сприятиме тому, що морква не злипнеться.

6. Поміщаємо отримані шматочки моркви у пакет для заморозки та щільно закриваємо.

Розглянемо показником якості овочевої сировини при бланшуванні гарячою водою.

Колір є показник зміни якості продукту при бланшуванні. Колір – один з найважливіших атрибутів сировини. Небажані зміни кольору можуть призвести до зниження сприйняття споживачами та ринкової вартості [8, 9]. Колір сировини або кінцевої продукції може бути пов'язаний з іншими атрибутами якості, такими як свіжість, сенсорні, поживні, візуальні та невізуальні дефекти. Він також має хорошу кореляцію з антиоксидантними здібностями, реакціями окислення. Показником високої харчової цінності моркви при бланшуванні

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

гарячою водою вважається інтенсивність забарвлення. Колір часто використовується як індикатор для оцінки термічної обробки та прогнозування відповідного погіршення якості, спричиненого процесом бланшування.

Текстура це показник впливу бланшування на фізичні властивості продукту. Текстура сировини є основним показником якості продукту для споживачів. Текстура їжі визначає фізико-хімічні характеристики клітинної стінки та вказує на те, як вони змінюються під час обробки [8, 9]. Термічне бланшування значно знижує кінцеві текстурні властивості клітинної структури фруктів і овочів. Пом'якшення кінцевих текстурних властивостей продукту спричинене як руйнуванням клітинної мембрани, так і зміною полімерів клітинної стінки, особливо пектинових речовин.

Аскорбінова кислота - індикатор для оцінки втрат поживних речовин під час бланшування. Хоча основними механізмами втрати аскорбінової кислоти під час парового, інфрачервоного або мікрохвильового бланшування може бути ферментативне окислення та термічне розкладання, основним механізмом втрати аскорбінової кислоти під час бланшування гарячою водою є вимивання або дифузія з рослини у воду для бланшування. Втрата аскорбінової кислоти під час бланшування гарячою водою сильно залежить від температури та часу бланшування [4, 8, 9]. При високій температурі та короткому часі відбувається більш висока затримка аскорбінової кислоти. Утримання вітаміну С є значно вищим у бланшованих в мікрохвильовій печі шпинаті, болгарському перці та моркві, ніж при бланшуванні у гарячій воді. Це пов'язано з низькими втратами вітаміну С при вилуговуванні під час мікрохвильового бланшування.

Дослід 2. Заморожуємо моркву без застосування процесу бланшування. Для цього моркву миємо та нарізаємо тонкими кружальцями і викладаємо скибочки на застелене деко. Поміщаємо скибочки моркви в морозильну камеру на пару годин, перш ніж перекласти їх у щільно закритий пакет для заморожування.

Овочі, заморожені без бланшування, безпечні для споживання, але мають не такі яскраві кольори, текстуру та смак. Результати свідчать, що заморозити сиру моркву без процедури бланшування можна. Однак, вона швидше втратить свою структуру та якість, якщо пропустити процес бланшування, ніж якщо бланшувати її перед заморожуванням. Бланшована, а потім заморожена морква зазвичай може зберігатися в морозилці до 12 місяців. Якщо пропустити процес бланшування, заморожена сира морква зберігається до 2 місяців.

На основі вище зазначеного можна вважати, що морква є одним із найпопулярніших овочів у світі, має низку поживних властивостей при дуже низькій кількості, а також має чудовий смак. Було проведено два дослідження: під час першого дослідження моркву було заморожено із застосуванням бланшування; під час другого дослідження моркву було заморожено без застосування процесу бланшування. Овочі, заморожені без бланшування, безпечні для споживання, але мають не такі яскраві кольори, текстуру та смак. Бланшована, а потім заморожена морква зазвичай може зберігатися в морозилці до 12 місяців. Якщо пропустити процес бланшування, заморожена сира морква зберігається до 2 місяців.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена модернізації технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів. У роботі зазначено, що виробництво швидкозамороженої продукції є перспективним напрямом харчового виробництва. Заморожена сировина користується постійним попитом, причому, заморожені овочеві суміші займають не останнє місце. Заморожені овочі в зимовий та весняний період є додатковим джерелом біологічно активних речовин. Сьогодні в сучасному суспільстві заморожені фрукти і овочі складають велику та важливу харчову групу серед іншої замороженої харчової сировини.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд технологічного процесу виробництва швидкозаморожених овочевих сумішей. Зазначено, що на сьогоднішній день заморожування є наймасштабніший метод, який з'єднує пори року, а також задовольняє попит та пропозиції споживачів в замороженій сировині: м'ясо, риба, вершкове масло, фрукти та овочі. Заморожені овочеві суміші складають значну частину ринку замороженої продукції, яка тепер доступна в постійно зростаючому асортименті овочевих сумішей. Суміші включають в себе три і більше видів овочів, правильно підготовлених та бланшованих, наприклад, квасоля, морква, кукурудза, зелений горох. Коли використовуються три овочі, жоден з овочів не повинен становити більше 40 відсотків від загальної маси. Індивідуальний відсоток зменшується зі збільшенням кількості видів овочів. У змішаній замороженій суміші овочі, які присутні в суміші, різняться за розміром. Тому під час попередньої обробки, особливо бланшування, необхідно подбати про те, щоб всі овочі були бланшовані належно.

Обґрунтовано етапи заморожування: на першому етапі температура знижується до нуля з утворенням першого кристала льоду та зростає до температура замерзання; на другому етапі відбувається період заморожування, в якому відбувається зміна фази – перетворення води в лід; третій етап – останній етап, коли температура продукту досягає точки де більшість води для заморожування була перетворена на лід, і закінчується, коли температура знижується до температури зберігання. Розглянуто лінії переробки та заморожування овочевих напівфабрикатів для картоплі та моркви, білокачанної та цвітної капусти, перцю, кукурудзи та зеленого горошку.

Другий розділ присвячено модернізації технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів. Сконцентровано увагу на тому, що заморожування є широко використовуваним методом тривалого зберігання продуктів харчування. Завдяки заморожуванню овочі та фрукти зберігають свіжість набагато довше, ніж консервована або сушена продукція. Але текстура клітинних продуктів, таких як овочі та фрукти, можуть руйнуватися під

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				Модернізація технологічної лінії з виробництва швидкозаморожених овочевих напівфабрикатів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						38	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

сильним впливом процесу заморожування. Тому овочі часто потребують бланшування перед заморожуванням, що запобігає ферментативному потемнінню. Бланшування впливає на рослинну текстуру. Плоди рідко бланшують, завдяки їхньої відносно м'якої текстури, тому на них сильніше впливає процес заморожування, ніж на овочі. Розглянуто виробничий ланцюг замороження овочів: холодне зберігання, подрібнення, бланшування, зневоднення, заморожування, зберігання.

Запропоновано рекомендації щодо удосконалення виробничого ланцюга, а саме: здійснювати холодне зберігання при температурі, трохи вище температури замерзання овочів, щоб викликати акліматизацію сировини до холоду; враховувати розміри нарізаної сировини у процесі обрання способу бланшування (низька температура та тривалий час бланшування або висока температура та короткий час бланшування); поєднувати бланшування за допомогою перегрітої пари або гарячого повітря/інфрачервоного нагріву; оптимізувати швидкість заморожування з мінімальними кристалами льоду; зберігати в замороженому стані при температурі -18°C ; під час зберігання в замороженому стані пакування має мінімізувати вплив температурних коливань; виконувати розморожування при помірній температурі (0–10 градусів). На основі розглянутого виробничого ланцюга замороження овочевої сировини було модернізовано технологічну лінію для заморожування кукурудзи та зеленого горошку.

Третій розділ присвячено дослідженню технології заморожування моркви із застосуванням бланшування. Заморожену моркву краще використовувати для приготування супів, рагу, запіканок та інших гарячих страв. Вона може скоротити час приготування, проте якщо розморозити заморожену моркву і споживати то вона буде не такою корисною, як свіжа. Морква може розмокнути або втратити свою текстуру. Було проведемо два дослідження: під час першого дослідження морква була заморожена із застосуванням бланшування; під час другого дослідження морква була заморожена без застосовування процесу бланшування.

Під час дослідження були враховані показники якості овочевої сировини при бланшуванні гарячою водою. Колір - показник зміни якості продукту при бланшуванні. Небажані зміни кольору можуть призвести до зниження сприйняття споживачами та ринкової вартості. Показником високої харчової цінності моркви при бланшуванні гарячою водою вважається інтенсивність забарвлення. Текстура - показник впливу бланшування на фізичні властивості продукту. Текстура сировини є основним показником якості продукту для споживачів. Текстура їжі визначає фізико-хімічні характеристики клітинної стінки та вказує на те, як вони змінюються під час обробки. Термічне бланшування значно знижує кінцеві текстурні властивості клітинної структури фруктів і овочів.

Результати показали, що овочі, заморожені без бланшування, безпечні для споживання, але мають не такі яскраві кольори, текстуру та смак. Бланшована, а потім заморожена морква зазвичай може зберігатися в морозилці до 12 місяців. Якщо пропустити процес бланшування, заморожена морква зберігається до 2 місяців.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Freezing of fruits and vegetables. URL: <https://www.fao.org/3/y5979e/y5979e03.htm>.
2. Vegetable cleaning machine green pea corn freezing machine production line. URL: <https://shuliyimachinery.en.made-in-china.com/product/QPbgkX/China-Vegetable-Cleaning-Machine-Green-Pea-Corn-Freezing-Machine-Production-Line.html>.
3. Ялпачик В.Ф., Кюрчев С.В., Тарасенко В.Г. Моделювання процесу заморожування гарбузових овочів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 2013. Вип. 43. С. 297–303.
4. Світовий попит на заморожені продукти. URL: <http://www.lol.org.ua/rus/showart>.
5. Processing line for processing vegetables and fruits. URL: <https://kronitek.com/processing-lines/>.
6. Орлова Н.Я., Белінська С.О. Заморожені плодоовочеві продукти: проблеми формування асортименту : монографія. Київ : КНТЕУ, 2005. 336 с.
7. Cauliflower processing – creating cauliflower florets. URL: <https://www.theproducenerd.com/2019/06/cauliflower-processing-cauliflower-florets/>.
8. How to blanch vegetables before freezing. URL: <https://www.thespruceeats.com/blanching-vegetables-before-freezing-1327660>.
9. Recent developments and trends in thermal blanching – a comprehensive review. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214316300919>.
10. Benefits of carrots (and full nutrition facts). URL: <https://www.nutritionadvance.com/carrots-nutrition/>.
11. How nutritious are carrots? URL: <https://www.webmd.com/food-recipes/benefits-carrots>.
12. Impact of processing factors on quality of frozen vegetables and fruits. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12393-020-09216-1>.
13. Бланшування: техніка обробки овочів та інших продуктів. Режим доступу: <https://baltech.com.ua/blanshuvannya-tekhnika-obrobki-ovochiv-ta-inshix-produktiv/>.
14. Fruit washing machine. URL: <https://www.rxpelletmachine.com/food-processing-machines/fruit-washing-machine.html>.
15. Continuous vegetable blanching machine | fruit blanching sterilizer. URL: <https://taizymachinery.com/continuous-vegetable-blanching-machine/>.
16. Linear vibrating screen. URL: <https://www.cymach.com/products/screening-equipment/linear-vibrating-screen.html>.
17. KT-DH35SL Fruit and Vegetable Conveying Air Dewatering Machine. URL: <https://www.ikemachinery.com/food-dewatering-machine/fruit-vegetable-conveying-air-dewatering-machinery.html>.
18. Recent developments in freezing of fruits and vegetables: Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates. URL: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.16810>.

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