

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

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ  
Гарант освітньої програми  
«Обладнання переробної і харчової  
промисловості»

\_\_\_\_\_ Хорольський В.П.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

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

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ПАКУВАЛЬНОЇ  
СИСТЕМИ З МОДИФІКОВАНОЮ АТМОСФЕРОЮ НА ОСНОВІ  
ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Єріс Валерій Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

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

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

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кривий Ріг  
2024



3. Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою.

4. Аналіз результатів досліджень.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

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

Пакувальні системи з модифікованою атмосферою.

Принципова схема пакування сировини в модифікованому середовищі.

Система управління пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації.

Дослідження полуниці при різних методах пакування.

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

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2024 р.
2	Поєднання методів консервування та пакування з модифікованою атмосферою як стратегія збереження та покращення якості продуктів харчування	21.09-18.10.2024 р.
3	Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою	19.10-08.11.2024 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2024 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2024 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2024 р.

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Єріс В.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Омельченко О.В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 56 сторінок, в тому числі основного тексту – 49 сторінок. Робота містить: 6 таблиць, 17 рисунків. Список використаних джерел складається з 21 найменування.

Об'єкт роботи – обладнання для пакування сировини.

Предмет роботи – система управління процесом пакування із модифікованою атмосферою.

Мета роботи – удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації.

У роботі зазначено, що автоматизація харчової промисловості – управління процесом за допомогою різних технологій на основі комп'ютерного програмного забезпечення або робототехніки, щоб робить його більш швидким. Харчова промисловість поєднується з автоматизованою системою більше ніж будь-яка інша промислова галузь.

На основі аналізу, було зазначено, що поєднання методів консервування та пакування з модифікованою атмосферою є перспективною стратегією збереження та покращення якості продуктів харчування. За допомогою упаковки з модифікованою атмосферою природна атмосфера в герметичній упаковці замінюється модифікованою атмосферою або газовою сумішшю, яка підібрана відповідно до типу продукту (вуглекислий газ, азот і кисень).

Зазначено, що в промисловості використовуються два типи модифікованої упаковки: активна упаковка та пасивна упаковка. В залежності від того, чи був введений обсяг газу з різною атмосферною концентрацією в момент герметизації пакета (активний процес) або просто пакет був запечатаний атмосферним повітрям (пасивний).

Запропоновано систему управління процесом пакування із модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації. Пропонується здійснювати процес надходження газової суміші із використанням механічних регуляторів на змішувачі, який необхідно підключити до програмованого логічного контролера. Також доцільно газоаналізатор інтегрувати у газовий змішувач для моніторингу точного вмісту газів у реальному часі.

Розроблено структурну схему машини для пакування харчових продуктів в модифікованому середовищі на основі засобів автоматизації.

Досліджено зразки полуниці при різних методах пакування та зберігання. Зразки полуниці, які зберігалися в упаковці з кришкою погано збереглися. В упаковку потрапляло повітря і спостерігалось погіршення якості сировини вже через 36 годин. Інші зразки полуниці зберігалися в упаковці з модифікованим середовищем. В упаковку не потрапляло повітря, здійснювалось оптимальне регулювання CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub> в упаковці, що сприяло подовженому терміну зберігання та доцільності використання технології пакування в модифікованому середовищі. Інтерпретовано результати дослідження.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** консервування, пакування із модифікованою атмосферою, засоби автоматизації, програмований логічний контролер, людино-машинний інтерфейс, газ, полуниця.

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

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ПОЄДНАННЯ МЕТОДІВ КОНСЕРВУВАННЯ ТА ПАКУВАННЯ З МОДИФІКОВАНОЮ АТМОСФЕРОЮ ЯК СТРАТЕГІЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ	7
1.1 Консервування продуктів харчування	7
1.2 Опромінення як метод консервування продуктів харчування	8
1.3 Упаковка в модифікованій атмосфері	15
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ПАКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З МОДИФІКОВАНОЮ АТМОСФЕРОЮ	23
2.1 Пакування сировини в активному та пасивному модифікованому середовищі	23
2.2 Чинники, що впливають на якість упаковки з модифікованим газовим середовищем	30
2.3 Удосконалення системи управління пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації	32
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
3.1 Збільшення терміну зберігання фруктів та овочів за допомогою відповідних технологій пакування	40
3.2 Дослідження полуниці при різних методах пакування	42
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТКИ	50

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Єріс</i>				<b>Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>			
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** У роботі зазначено, що автоматизація харчової промисловості – управління процесом за допомогою різних технологій на основі комп'ютерного програмного забезпечення або робототехніки, що робить його більш швидким. Харчова промисловість поєднується з автоматизованою системою більше ніж будь-яка інша промислова галузь. Автоматизація – це технологія, яка пов'язана із застосуванням механічної, електронної та комп'ютерної системи для експлуатації та управління виробництвом.

**Мета та задачі дослідження.** Метою магістерської роботи є удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації.

**Практична та наукова новизна.** На основі аналізу, було зазначено, що поєднання методів консервування та пакування з модифікованою атмосферою є перспективною стратегією збереження та покращення якості продуктів харчування. За допомогою упаковки з модифікованою атмосферою природна атмосфера в герметичній упаковці замінюється модифікованою атмосферою або газовою сумішшю, яка підібрана відповідно до типу продукту (вуглекислий газ, азот і кисень).

Зазначено, що в промисловості використовуються два типи модифікованої упаковки: активна упаковка та пасивна упаковка. В залежності від того, чи був введений обсяг газу з різною атмосферною концентрацією в момент герметизації пакета (активний процес) або просто пакет був запечатаний атмосферним повітрям (пасивний).

Запропоновано систему управління процесом пакування із модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації. Пропонується здійснювати процес надходження газової суміші із використанням механічних регуляторів на змішувачі, який необхідно підключити до програмованого логічного контролера. Також доцільно газоаналізатор інтегрувати у газовий змішувач для моніторингу точного вмісту газів у реальному часі.

Розроблено структурну схему машини для пакування харчових продуктів в модифікованому середовищі на основі засобів автоматизації.

Досліджено зразки полуниці при різних методах пакування та зберігання. Зразки полуниці, які зберігалися в упаковці з кришкою погано збереглися. В упаковку потрапляло повітря і спостерігалось погіршення якості сировини вже через 36 годин. Інші зразки полуниці зберігалися в упаковці з модифікованим середовищем. В упаковку не потрапляло повітря, здійснювалось оптимальне регулювання CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub> в упаковці, що сприяло подовженню терміну зберігання та доцільності використання технології пакування в модифікованому середовищі. Інтерпретовано результати дослідження.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Єріс</i>				<b>Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

# РОЗДІЛ 1

## ПОЄДНАННЯ МЕТОДІВ КОНСЕРВУВАННЯ ТА ПАКУВАННЯ З МОДИФІКОВАНОЮ АТМОСФЕРОЮ ЯК СТРАТЕГІЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

### 1.1 Консервування продуктів харчування

Консервування харчових продуктів зазвичай передбачає запобігання росту бактерій, грибків (наприклад, дріжджів) або інших мікроорганізмів (хоча деякі методи працюють шляхом введення в їжу доброякісних бактерій або грибків), а також уповільнення окислення жирів тощо. Консервація харчових продуктів також може включати процеси, які пригнічують погіршення кольору, такі як ферментативне потемніння яблук після того, як їх нарізають під час приготування [1, 3, 4]. Харчова сировина повинна бути безпечною та мати високу поживну цінність з мінімальним часом приготування, про що свідчить збільшення використання ряду продуктів, таких як готова до вживання їжа та мінімально оброблені свіжі продукти. Для того, щоб задовольнити ці вимоги, виробники продуктів харчування шукають нові методи і технології консервації.

Протягом багатьох століть великі зусилля приділялися пошуку способів збереження продуктів харчування і захисту їх від мікроорганізмів. Сушка, швидше за все, була однією з перших розроблених технік. Нагрівання, бродіння (кислотна або спиртова консервація), соління та копчення також мають довгу історію використання для консервації харчових продуктів. Пізніші методи стали передбачати використання консервантів, крім солі. Термічна пастеризація, консервування, заморожування, охолодження, надвисокий гідростатичний тиск, нагрівання електропровідності, імпульсні електричні поля – методи, які відіграють важливу роль у покращенні якості, кількості та безпеки харчових поставок шляхом захисту сировини від руйнування, мікробного забруднення та псування.

Більшість методів консервування харчових продуктів засновані, в першу чергу, на затримці або запобіганні зростанню процесу псування продуктів харчування і отруєння мікроорганізмами. Збереження якісних показників сировини також має важливе значення. За невеликим винятком, всі продукти після обробки з часом втрачають якість [4]. Метою консервування є запобігання небажаним змінам корисності, поживної цінності та сенсорної якості їжі за допомогою методів, які контролюють ріст мікроорганізмів, зменшують небажані хімічні, фізичні та фізіологічні зміни та запобігають забрудненню.

Консервування харчових продуктів може бути досягнуто хімічним, біологічним або фізичним шляхом. Хімічне консервування передбачає додавання в їжу таких речовин, як цукор, сіль, кислоти або вплив на харчові продукти хімічних речовин. Біологічна консервація передбачає спиртове або

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Єріс</i>				<b>Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації</b>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						7	16
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

кисле бродіння. Фізичні підходи до консервування харчових продуктів включають тимчасове підвищення енергетичного рівня продукту (нагрівання або опромінення), контрольоване зниження температури продукту (охолодження, заморожування), контрольоване зниження вмісту води в продукті (концентрація, зневоднення повітря, сублімаційне сушіння) і використання захисної упаковки (вакуумне пакування).

Методи консервування сприяють уповільненню або запобіганню псуванню харчової сировини, а також забезпечують зменшення або усунення небезпеки для здоров'я. Контроль мікробних забруднювачів також сприяє отриманню кращих результатів при використанні специфічних мікроорганізмів або ферментів в харчовій промисловості. Чотири основні системи використовуються в контролі мікроорганізмів у харчових продуктах: запобігання забруднення, видалення забруднення, пригнічення росту забруднюючих речовин і знищення мікробних забруднювачів.

У більшості харчових продуктів для контролю мікробного рівня використовуються дві або більше з цих систем. Запобігання мікробному забрудненню необхідне для всіх харчових продуктів, але оскільки мікробне забруднення все одно відбудеться, необхідні інші заходи безпеки. Проблема деяких використовуваних систем полягає в тому, що вони включають серйозні процеси, які в деяких випадках викликають серйозні втрати якості. Ці проблеми можуть бути подолані за допомогою бар'єрної технології, тобто поєднання двох або більше з цих процесів на менш серйозних рівнях для контролю проліферації мікроорганізмів.

## **1.2 Опромінення як метод консервування продуктів харчування**

Опромінення харчових продуктів – це технологія, яка може бути використана для підвищення безпеки та якості харчових продуктів. Опромінення - це процес впливу на їжу ретельно контрольованої кількості енергії у вигляді високошвидкісних частинок або променів. Опромінення харчових продуктів передбачає вплив на харчові упаковані продукти ретельно контрольованої кількості іонізуючого випромінювання протягом певного часу для досягнення певних бажаних цілей [1, 2, 3]. Опромінення – поширення енергії в просторі або через матеріальне середовище у вигляді хвиль. Термін «випромінювання» або «промениста енергія» зазвичай відноситься до електромагнітного випромінювання. Таке випромінювання прийнято класифікувати за частотою: радіочастотне, мікрохвильове, інфрачервоне, видиме (світло), ультрафіолетове, рентгенівське та гамма-випромінювання.

Опромінення харчових продуктів, будучи холодним процесом, може бути використано для інактивації зіпсованих і хвороботворних бактерій у твердих продуктах, таких як м'ясо, птиця, морепродукти та спеції. Крім того, він також може вбивати яйця та личинки комах у свіжих фруктах та овочах, не змінюючи якість продуктів. Його здатність інактивувати патогенні бактерії в заморожених продуктах унікальна. Оскільки опромінення є процесом холодної пастеризації, продукти після опромінення залишаються в тому ж фізичному стані, що і раніше.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Багато практичних застосувань харчового опромінення пов'язані зі збереженням сировини. Різні види опромінювання інактивує організми, що псують їжу, включаючи бактерії, цвіль і дріжджі. Ефективний метод для подовження терміну зберігання свіжих фруктів і овочів, контролюючи нормальні біологічні зміни, пов'язані з дозріванням, проростанням і псуванням. Наприклад, радіація затримує дозрівання зелених бананів, пригнічує проростання картоплі і цибулі. Випромінювання знищує також хвороботворні організми, в тому числі паразитичних черв'яків і комах-шкідників, які пошкоджують продукти харчування при зберіганні. Як і в інших формах переробки їжі, випромінювання викликає деякі корисні хімічні зміни в їжі. Наприклад, розм'якшує квасолю і тим самим скорочує час приготування. Також збільшує вихід соку і прискорює час сушіння сировини.

Одним з основних застосувань опромінення є знищення мікроорганізмів, які викликають псування продуктів харчування. Кількість опромінення, необхідне для контролю цих мікроорганізмів, залежить від конкретного організму і кількості або «навантаження» такого організму в конкретному обсязі їжі, що підлягає обробці. В таблиці 1.1 наведено вплив опромінення на харчові продукти.

Таблиця 1.1 – Вплив опромінення на харчові продукти [3]

Доза	Вплив на сировину
Низька доза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– пригнічують проростання (картопля, цибуля, батат, часник);</li> <li>– затримка дозрівання (полуниця, картопля);</li> <li>– запобігає зараженню комахами (зернові, злаки, кавові зерна, спеції, сушені горіхи, сухофрукти, сушена риба)</li> </ul>
Середня доза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– подовження терміну зберігання (сира та свіжа риба, морепродукти, свіжі продукти, охолоджені та заморожені м'ясні продукти);</li> <li>– зниження ризику появи патогенних мікробів та мікробів (м'ясо, морепродукти, спеції та птиця);</li> <li>– збільшення виходу соку, скорочення часу приготування сушених овочів</li> </ul>
Висока доза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– стерилізація спецій, сухих овочевих приправ;</li> <li>– стерилізація пакувального матеріалу;</li> <li>– стерилізація харчових продуктів</li> </ul>

Доза радіації вимірюється за допомогою Міжнародної системи одиниць (одиниця СІ). Один сірий колір випромінювання дорівнює 1 Джоулю енергії, що поглинається на кілограм харчового матеріалу. Середня доза поглиненого випромінювання обробленої харчової їжі повинна становити менше 10 кГр. Однак, максимально допустима доза опроміненої їжі не повинна перевищувати 150% мінімальної дози, для досягнення бажаного ефекту та уникнення передозування. Ефективність даної дози опромінення проти мікроорганізмів залежить від:

1. Виду мікроорганізму.
2. Кількість мікроорганізмів (або спор) спочатку присутня, отже, чим більше число цих мікроорганізмів, тим менш ефективною буде дана доза.
3. Наявність або відсутність кисню, ефект вільного кисню залежить від типу мікроорганізму.
4. Фізичний стан їжі під час опромінення, як вміст вологи, так і температура по-різному впливають на різні мікроорганізми.
5. Умови росту мікроорганізмів( температура росту) тощо.
6. Стан росту (вегетативний або споривий) може впливати на чутливість мікроорганізмів до випромінювання.

Процес опромінення їжі називається «холодною пастеризацією», оскільки він вбиває шкідливі бактерії без використання тепла [2]. Подібно до інших процесів інактивації мікроорганізмів, таких як термічна пастеризація, опромінення не може повернути назад псування їжі. Відповідно, безпечне поводження з харчовими продуктами та належна виробнича практика необхідні для поводження з опроміненою їжею так само, як і для інших харчових продуктів.

При опроміненні харчових продуктів використовується енергетична форма, яка називається іонізуючим випромінюванням. Особливих властивостей іонізуючого випромінювання, які роблять його корисним для обробки харчових продуктів, кілька. Певні види іонізуючих випромінювань мають здатність проникати глибоко в їжу. За допомогою фізичних ефектів вони взаємодіють з атомами та молекулами, з яких складається їжа, а також з атомами харчових забруднювачів, таких як бактерії, пліснява, дріжджі, паразити та комахи, викликаючи хімічні та біологічні наслідки, які можуть бути використані корисним чином [4, 5]. У той час як іонізуюче випромінювання часто називають високоенергетичним випромінюванням, загальна кількість енергії, необхідної для забезпечення сприятливого впливу харчових продуктів, відносно невелика, і грубих змін в їжі, які могли б вплинути на її прийнятність, зазвичай не відбувається.

Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною носить комплексний характер, який залежить від типу випромінювання та його енергетичного вмісту, складу, фізичного стану та температури поглинаючого матеріалу, а також від інших факторів, таких як швидкість осадження енергії та атмосферне середовище. Основним процесом взаємодії є передача енергії від падаючого випромінювання до абсорбера. Існують три важливі аспекти процесу взаємодії, а саме: фізичний процес, хімічні зміни, які виникають в результаті фізичних подій, і біологічні наслідки у випадку з цільовими матеріалами, до яких відносяться живі організми.

Механізми, за допомогою яких мікроорганізми і складові їжі змінюються при опроміненні, ініціюються прямими або непрямими діями. Пряма дія виникає в результаті прямих «попадань» в клітини або хімічні зв'язки, що викликають хімічні зміни в клітинних компонентах мікробів (наприклад, ДНК), і розриває хімічні зв'язки, тоді як непрямі ефекти опромінення змінюють молекули води з утворенням високореакційних вільних радикалів. Коли іонізуюче випромінювання абсорбується в біологічному матеріалі, існує

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

ймовірність того, що воно буде діяти безпосередньо на критичні мішені в клітці. Молекули нуклеїнових кислот можуть бути іонізовані, щоб ініціювати ланцюг подій, які призводять до біологічних змін і загибелі клітин, якщо зміни досить серйозні. Це так званий прямий вплив радіації, який є домінуючим процесом при опроміненні сухих спор спороутворюючих мікроорганізмів. Оскільки основним компонентом клітин є вода, то більшість іонізуючих подій відбувається саме у воді. Непрямі ефекти виникають як наслідок реактивних, дифузних вільних радикалів, що утворюються в результаті радіолізу води, що вступають в реакцію з ДНК.

Існує три типи іонізуючих випромінювань, які потенційно можуть бути використані при опроміненні харчових продуктів [3]:

1. Гамма-випромінювання радіонуклідів цезію або кобальту 60 ( $^{60}\text{Co}$ ).
2. Рентгенівські промені, які отримані від машинних джерел.
3. Електрони, що генеруються з машинних джерел, що працюють на рівні енергії (також відомого як E-Beam).

Пошкодження мікробної клітини індуковане опроміненням може бути пов'язане з прямим або непрямим впливом радіації. В прямому режимі дії випромінювання потрапляють безпосередньо на молекулу ДНК, тим самим порушуючи її молекулярну структуру. Такі структурні зміни призводять до пошкодження клітин або навіть їх загибелі. При непрямій дії випромінювання вражає молекули води, які є основною складовою мікробної клітини та інших органічних молекул усередині клітини, таким чином утворюються вільні радикали, такі як гідроксильний іон ( $\text{OH}^-$ ) та атоми водню (H).

Мікроорганізми, які мають високу стійкість до тепла або опромінення, створюють проблеми при обробці харчових продуктів через сувору обробку, яка необхідна для їх усунення. Таке жорстке поводження може негативно позначитися на якості оброблених харчових продуктів. Одним з підходів для забезпечення бажаного ефекту (контроль активності мікроорганізмів) без радіаційного ураження їжі є використання меншої кількості опромінення в поєднанні з будь-яким іншим методом обробки (висока термічна обробка, низька термічна обробка, рН, окислювально-відновний потенціал або тиск) таким чином, щоб ці дві технології, що діють узгоджено, викликали бажаний ефект.

Сучасні тенденції до підвищення безпеки якості харчових продуктів, а також економії енергії при обробці та розподілі харчових продуктів викликають все більший інтерес до розробки нових комбінованих методів консервування харчових продуктів. Вивчення можливостей використання іонізуючого випромінювання в поєднанні з іншими консервуючими перешкодами (фактори стресу навколишнього середовища, що негативно впливають на ріст мікроорганізмів) може істотно сприяти розвитку нових типів комбінаційних процесів і нових типів консервованих продуктів.

Загальна тенденція в консервації харчових продуктів полягає в розробці методів консервування, які є менш суворими і, отже, менш шкідливими для якості продукції, зберігаючи при цьому необхідний термін зберігання і безпеку. Це може бути досягнуто шляхом комбінації процесів, що включають обробку теплом і опроміненням. Очевидно, що бажаний ефект, пов'язаний з контролем

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

мікробіологічного псування, знезараження їжі бактеріями, дріжджами, пліснявами і паразитами, а також іншими способами використання опромінення за участю живих організмів, завжди може бути забезпечений за умови застосування достатньої дози опромінення. Також очевидно, що часто існує обмеження кількості випромінювання, яке може бути використане, що впливає з радіаційно-індукованих змін у продуктах харчування. У деяких випадках доза для вироблення таких змін менше дози, необхідної для отримання бажаного технічного ефекту.

Будь-який фізичний або хімічний агент можна поєднувати з опроміненням. На особливу увагу заслуговують наведені нижче комбінації, як комбінаційні партнери для іонізуючого опромінення, оскільки про їх ефективність широко повідомлялося [1, 4, 5]:

- неіонізуючі випромінювання (наприклад, ультрафіолетові);
- нагрівання;
- відведення тепла (охолодження, заморожування);
- гідравлічний тиск;
- осмотичний тиск.

З хімічних агентів можна виділити наступних комбінаційних партнерів для опромінення:

- гази в атмосфері (наприклад, кисень);
- іони водню;
- нітрити;
- антибіотики;
- консерванти та інші хімікати.

В даний час загально визнано, що одним з найбільш перспективних засобів підвищення ефективності радіації в боротьбі з харчовими мікроорганізмами без негативного, які впливають на органолептичні якості харчових продуктів, є поєднання її з м'якою термічною обробкою. Комбінована обробка тепла та опромінення має потенціал для виробництва високоякісних, стабільних харчових продуктів.

Покращений термін зберігання м'яса та деяких інших швидкопсувних продуктів можна отримати шляхом опромінення, особливо під вакуумом. Значне продовження терміну зберігання птиці та інших швидкопсувних продуктів регулярно отримуються промисловістю. Поєднання сучасних технологій упаковки та іонізуючого опромінення значно збільшить термін зберігання м'яса та інших швидкопсувних харчових продуктів. Комбінації сенсорно прийнятної дози опромінення та додаткових антимікробних стресових факторів можуть не тільки продовжити термін придатності конкретних охолоджених продуктів, але й покращити їх мікробіологічну безпеку, наприклад, у разі зловживання температурою [1, 2]. Кількість опромінення, яке може бути застосовано до конкретної сировини, а отже, і ступінь загибелі мікроорганізмів, обмежена небажаними змінами смаку, запаху, зовнішнього вигляду та текстури, які можуть виникнути. «Порогова доза», вище якої можна виявити ці органолептичні зміни, варіюється в залежності від харчових продуктів. Застосовуючи низькодозове опромінення в поєднанні з іншими методами консервування можна досягти бажаного мікробного ефекту без

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

значної втрати органолептичної якості. Комбінація низькодозового опромінення та подальшого вакуумного пакування має потенціал, оскільки можна зменшити кількість патогенних організмів шляхом опромінення та пригнічувати ріст виживання мікроорганізмів при зберіганні за допомогою вакуумної упаковки без істотного впливу на органолептичну якість.

Фактором, який може впливати на ефективність опромінення, є характер атмосфери, що контактує з клітинами сировини. Вегетативні клітини деяких бактерій більш сприйнятливі до впливу опромінення в присутності  $O_2$ , ніж в анаеробних умовах. Однак, як і опромінення при більш високих температурах, опромінення в присутності  $O_2$  може викликати неприємні запахи і неприємний присмак через окислення ліпідів. Процедури опромінення призначені для зменшення або усунення життєздатних мікроорганізмів, які можуть бути присутніми в харчових продуктах. Однак, якщо деякі клітини все ж виживають, їм можуть знадобитися оптимальні умови навколишнього середовища для відновлення деяких пошкоджень, так само, як і клітини, які пошкоджені термічним впливом. З цієї причини комбінований ефект обробки з опроміненням в поєднанні з іншими способами консервації може бути використаний для досягнення низької популяції життєздатних клітин на початковому етапі і контролю росту при зберіганні [1]. Тому, безкиснева упаковка особливо корисна в поєднанні з іншими процедурами консервації, які висувають додаткові вимоги до енергії, наприклад, зниження значення рН, додавання слабких консервантів органічних кислот, незначна термічна обробка та опромінення.

Переваги харчового опромінення:

- при необхідних рівнях поглиненої дози воно викликає незначне підвищення температури опромінюваного матеріалу і це не змінює фізичного стану опромінюваних продуктів. Тому їх свіжий, заморожений або сушений характер не порушується;
- застосування зменшує потребу в застосуванні деяких хімічних речовин, які можуть залишати залишки токсикологічного значення;
- обробка, особливо гамма-променями, пов'язана з відносно невеликими витратами енергії і є екологічно чистим процесом;
- його можна наносити на (герметично) упаковані продукти, які захищені від повторного забруднення, а також на деякі пакувальні матеріали, які не витримують процесу знезараження на основі нагрівання.

Чинники, що впливають на процес опромінення харчових продуктів:

1. Навколишнє середовище. Склад середовища, що оточує мікроорганізми, відіграє важливу роль у дозі, необхідній для досягнення заданого ефекту на них. У загальному випадку, чим складніше середовище, тим більша конкуренція компонентів середовища вільним радикалам, що виробляються радіацією, тим самим захищаючи ці мікроорганізми. Попереднє зниження рН ростового середовища підвищувало стійкість бактерій до іонізуючого випромінювання. Проте неможливо передбачити тип продуктів у яких певні бактеріальні клітини будуть більш чутливими або стійкими до радіації.

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

2. Вміст води. Подібно до термічної обробки, зниження вологості їжі захищає мікроорганізми від смертельного впливу іонізуючого випромінювання. В більш сухих умовах вихід вільних радикалів з води шляхом обробки радіацією нижчий, і, таким чином, непряме пошкодження ДНК у мікробній клітині зменшується.

3. Температурний режим. Температура, при якій обробляється харчовий продукт, може впливати на радіаційну стійкість мікроорганізмів.

4. Замерзання. Температура замерзання викликає підвищення стійкості вегетативних клітин до радіації. Як правило, стійкість до мікробного випромінювання в заморожених продуктах приблизно в два-три рази вище, ніж при температурі навколишнього середовища. Це пояснюється іммобілізацією вільних радикалів і запобіганням їх дифузії в замороженому середовищі. У замороженому стані запобігається непряме пошкодження молекули ДНК. Ця спостережувана зміна резистентності мікроорганізмів з температурою демонструє важливість непрямої дії радіації в продуктах з високим вмістом вологи.

5. Аерація. Летальний ефект іонізуючого випромінювання на мікробні клітини зростає в присутності кисню. При відсутності кисню і у вологих умовах радіаційний опір зростає приблизно в 2-4 рази. Однак в посушливих умовах стійкість до радіації може зрости в 8-17 разів.

Опромінення харчових продуктів має кілька переваг перед традиційними термічними або хімічними методами консервування харчових продуктів, включаючи [1-5]:

1. Термінальна обробка харчових продуктів: завдяки глибокому проникненню іонізуючого випромінювання харчові продукти можуть перероблятися в їх герметичній або кінцевій упаковці. Це обмежує ризик забруднення харчових продуктів після стерилізаційної обробки.

2. Хімічна незалежність: під час опромінення не потрібні леткі речовини або токсичні хімічні речовини. Крім того, при використанні рентгенівського або Е-променевого опромінення не утворюється кінцева продукція, яка може потребувати утилізації.

3. Температурна незалежність: під час опромінення підвищення температури мінімальне. Крім того, радіаційна стерилізація не залежить від нагрівання, так як вона ефективна як при навколишньому середовищі, так і при мінусових температурах. Опромінення харчових продуктів сумісне з чутливими до температури матеріалами, включаючи; фармацевтичні препарати та біологічні зразки.

4. Гнучкість: випромінювання може стерилізувати харчові продукти будь-якої їх фази, тобто газоподібних, рідких та/або твердих матеріалів. Крім того, може стерилізувати продукти зі змінним розміром, товщиною або щільністю, а також гомогенними або неоднорідними системами.

5. Рівень забезпечення стерильності: процедура опромінення харчових продуктів може дати високий рівень, гарантуючи, що менше 10<sup>6</sup> мікроорганізмів виживуть після процедури стерилізації харчових продуктів.

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

6. Простота застосування: під час опромінення харчових продуктів контролюється лише одна змінна, яка є дозою/часом опромінення, що робить процес стерилізації простішим і легшим для контролю.

### 1.3 Упаковка в модифікованій атмосфері

Упаковка з модифікованою атмосферою була введена як нова технологія в 1960-х роках для збільшення терміну зберігання швидкопсувної харчової сировини і для зменшення мікробного і природного псування. Упакований продукт з оптимальним складом газу, який спеціально розроблений для продовження терміну придатності та відрізняється від газового складу атмосфери [6, 7]. Саме технологія консервування харчових продуктів зберігає природну якість свіжих продуктів, а також продовжує термін придатності. Технологія призводить до зниження частоти дихання, активності мікроорганізмів, контролю за дозріванням сільськогосподарської продукції, уповільнення погіршення стану сировини або побуріння зрізаних продуктів, і в кінцевому підсумку збільшує термін служби упакованого продукту.

Упаковка в модифікованій атмосфері полягає в упаковці продуктів, що швидко псуються в атмосфері, яка була змінена, щоб продовжити термін зберігання упакованих продуктів. Хоча зберігання в контрольованій атмосфері включає ретельний контроль і додавання газу для підтримки фіксованої концентрації газу навколо продукту, газовий склад свіжих продуктів постійно змінюється через хімічні реакції та мікробну активність.

Упаковка харчових продуктів у модифікованій атмосфері може забезпечити більш тривалий термін зберігання та покращену демонстрацію продукту у зручному контейнері, що робить продукт привабливішим для роздрібних покупців (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Упаковка у модифікованій атмосфері

Упаковка в модифікованій атмосфері не покращить якість неякісних харчових продуктів, дуже важливо переконатися, що продукт має найвищу якість перед упаковкою, щоб оптимізувати переваги упаковки. Упаковка у

модифікованій атмосфері також потребує бездоганної гігієни та контролю температури протягом усього процесу пакування та зберігання.

Саме технологія консервування харчових продуктів зберігає природну якість свіжих продуктів, а також продовжує термін придатності. Технологія модифікованої атмосфери призводить до зниження частоти дихання, активності мікроорганізмів, контролю за дозріванням сільськогосподарської продукції, уповільнення старіння або побуріння зрізаних продуктів і в кінцевому підсумку збільшує термін служби упакованого продукту [6-9]. До основних функцій пакувальної системи можна віднести:

- захист від мікроорганізмів в їжі;
- поведення терміну зберігання в роздрібній торгівлі для споживачів;
- стійкість до фізичних навантажень, таких як удари, вібрації і стиснення, удари по їжі;
- регулювання міграції газу і водяної пари у внутрішню частину і з корпусу;
- легкість охолодження продукту.

Підбір матеріалів для побудови пакувальних систем для продуктів залежить від різних факторів, до яких відносяться:

- сумісність з харчовими продуктами;
- надійна герметичність;
- відповідні характеристики теплопередач;
- характеристики захисту від запотівання;
- стійкість до навантаження;
- легкість відкриття упаковки;
- оброблюваність;
- економічна ефективність.

Промивання упаковки, що містить товар, специфічною газовою сумішшю може мати багато переваг швидкої реакції, таких як зниження окислювальних реакцій руйнування, пригнічення росту мікроорганізмів і виробництво пакета подушок для зменшення фізичної шкоди делікатних товарів.

Важливим завданням виробника харчових продуктів є правильна герметизація упаковок. Міцність ущільнення залежить від типу плівки, температури ущільнювача, тиску, товщини пластикової плівки та наявності сторонніх речовин. Невелика складка в області ущільнення може бути причиною витоку газу. Найпростішим методом визначення цілісності ущільнення є розміщення упаковки під воду і спостереження за утворенням бульбашок при натисканні рукою на упаковку або за допомогою вакуумування тестової водяної камери. Невелика кількість поверхнево-активної речовини у воді забезпечує більш легке виявлення бульбашок.

Перевагами пакувальних систем є:

- збільшений термін придатності, що дозволяє рідше завантажувати полиці роздрібною торгівлі;
- зменшення відходів роздрібною торгівлі;
- гігієнічна упаковка герметична і не містить крапель і запаху продукту;
- легке відділення нарізаних продуктів;

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16



- незначна потреба в хімічних консервантах або її повна відсутність (крім свіжих харчових продуктів);
- збільшена зона збуту і зниження транспортних витрат за рахунок менш частих поставок;
- централізована упаковка і контроль порцій;
- зниження витрат на виробництво і зберігання за рахунок кращого використання робочої сили, площі та обладнання.

Недоліками пакувальних систем є:

- потенційна можливість розвитку патогенів, що передаються через харчові продукти через зловживання температурним режимом роздрібними торговцями та споживачами;
- вартість газів і пакувальних матеріалів;
- вартість аналітичного обладнання для забезпечення використання правильних газових сумішей;
- вартість систем забезпечення якості для запобігання поширенню витоків;
- збільшений обсяг упаковки, що негативно позначиться на транспортних витратах і площі роздрібної вітрини;
- капітальна вартість машини для пакування газу;
- переваги системи втрачаються при відкритті упаковки або протіканні.

### 1.5 Пакувальні машини у модифікованій атмосфері

Вертикальна пакувальна машина у модифікованій атмосфері серії КВТ450 наведена на рисунку 1.2. Пакувальна машина з модифікованою атмосферою серії КВТ450 – вертикального типу призначена для зберігання свіжих продуктів харчування від малої до середньої продуктивності. Продукція упаковується в готові пластикові контейнери різних розмірів та форм (прямокутні, квадратні, круглі, трикутні, миски, склянки). Технічні характеристики наведено в таблиці 1.2.

Характеристики пакувальної машини у модифікованій атмосфері КВТ450:

- упаковка КВТ450 з модифікованою атмосферою виготовлена із харчової нержавіючої сталі SUS304 відповідно до правил харчової гігієни, гарантує найтриваліший термін служби та кращу якість упаковки;
- застосовує технологію «Вакуум – Заповнення газом»;
- система контролю температури: модуль контролю температури має вищу точність, ніж система кнопок контролю температури;
- сигналізація перегріву; нагрівальна плита спліт-типу з ґратами гарантує найкращу якість ущільнення.

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



КВТ450 / 1S



КВТ450 / 2S

Рисунок 1.2 – Вертикальна пакувальна машина з модифікованою атмосферою

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики пакувальної машини з модифікованою атмосферою серії КВТ450 [6, 14]

Модель №	КВТ450 / 1S	КВТ450 / 2S
Кількість лотків за цикл	2/4/6 шт.	2/4/6 шт.
Вакуумний насос (BUSCH)	100 м <sup>3</sup> /год	100 м <sup>3</sup> /год
Джерело живлення	Напруга, 3 фази	Напруг, 3 фази
Потужність	7,5 кВт	7,5 кВт
Розмір (мм)	1500 * 1500 * 1800	1500 * 1900 * 1800
Вага	450 кг	600 кг
Швидкість пакування (4 лотка за цикл)	400-600 лотків / год	700-800 лотків / год
Діаметр рулону плівки	260 мм	260 мм
Стиснене повітря	0,6-0,8 МПа	0,6-0,8 МПа
Газ	Чистий газ або суміш N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> або інший газ	Чистий газ або суміш N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> або інший газ

Ротаційна пакувальна машина із модифікованою атмосферою КВТ1200 наведена на рисунку 1.3. Пакувальна машина в модифікованому газовому середовищі серії КВТ1200 є ротаційною машиною. Призначена для збереження свіжості харчових продуктів за середньої та великої продуктивності. Продукція розфасована в заздалегідь виготовлені пластикові контейнери різних розмірів та форм (прямокутні, квадратні, круглі, трикутні тощо). Система форм, що обертаються, забезпечує автоматичне завантаження і вивантаження лотків з форм за допомогою конвеєрних стрічок. Автоматичне завантаження лотків є

опцією за додаткову оплату. Автоматичне вивантаження лотків на конвеєрну стрічку є стандартним. Технічні характеристики пакувальної машини в модифікованому газовому середовищі КВТ1200 наведені в таблиці 1.3.



Рисунок 1.3 – Ротаційна пакувальна машина з модифікованою атмосферою КВТ1200

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики ротаційної пакувальної машини з модифікованою атмосферою КВТ1200 [6]

Модель №	КВТ1200
Кількість лотків за цикл	2/4 шт.
Вакуумний насос (BUSCH)	100 м <sup>3</sup> /год
Джерело живлення	Напруга 3 фази
Потужність	5,5 кВт
Розмір (мм)	1800 * 1600 * 1600
Вага	500 кг
Швидкість пакування (2 лотка за цикл)	500-900 лотків / год
Діаметр рулону плівки	260 мм
Стиснене повітря	0,6-0,8 МПа
Газ	Чистий газ або суміш N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , або інший газ

Лінійна пакувальна машина з модифікованою атмосферою КВТ1000 представлено на рисунку 1.4. КВТ1000 MAP пакувальна машина у модифікованій атмосфері лінійного типу для зберігання свіжих продуктів у попередньо виготовлених лотках шляхом заповнення азотом або змішаним газом у певному співвідношенні. Машина КВТ1000 MAP добре підходить для упаковки MAP при середніх та великих обсягах виробництва, 900-1200 лотків на годину. Технічні характеристики пакувальної машини в модифікованому середовищі наведені в таблиці 1.4.

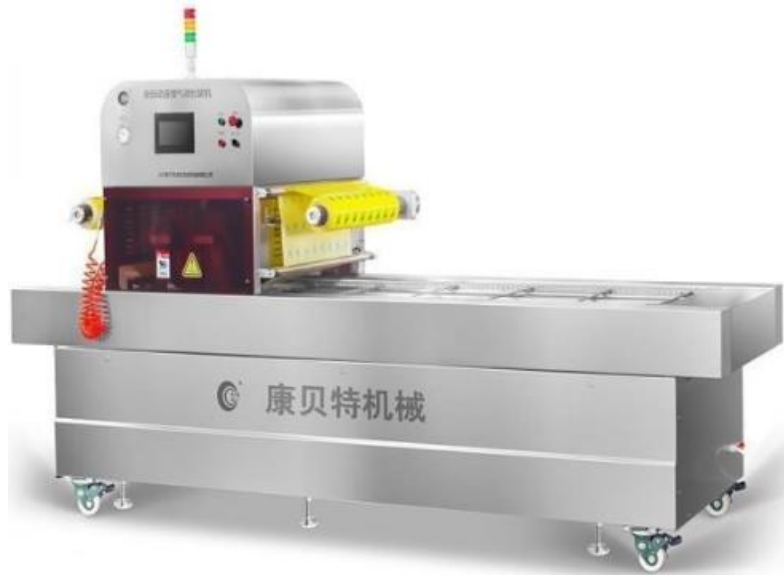


Рисунок 1.4 – Лінійна пакувальна машина з модифікованою атмосферою КВТ1000

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики лінійної пакувальної машини з модифікованою атмосферою КВТ1000 [6]

Модель №	КВТ1000
Кількість лотків за цикл	3-8 шт.
Вакуумний насос (BUSCH)	100-200 м <sup>3</sup> /год
Джерело живлення	Напруга 3 фази
Потужність	7.5 кВт
Розмір (мм)	3500 * 1100 * 1800
Вага	900 KG
Швидкість пакування (4 лотка за цикл)	700-3000 лотків / год
Діаметр рулону плівки	260 мм
Стиснене повітря	0,6-0,8 МПа
Газ	Чистий газ або суміш N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> або інший газ

Високошвидкісна пакувальна машина з модифікованою атмосферою КВТ550 наведена на рисунку 1.5. КВТ550 MAP пакувальна машина з модифікованою атмосферою – це високошвидкісне пакувальне обладнання з продуктивністю до 2100-2800 лотків на годину, готове до масових вимог упаковки. Використовуючи всі додаткові автоматичні рішення можна побудувати повністю автоматичну пакувальну лінію з мінімальними витратами праці. Технічні характеристики пакувальної машини представлено в таблиці 1.5.

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



Рисунок 1.5 – Високошвидкісна пакувальна машина з модифікованою атмосферою KBT550

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики пакувальної машини з модифікованою атмосферою KBT550 [6]

Модель №	KBT550
Кількість лотків за цикл	6/8 шт.
Вакуумний насос (BUSCH)	100 / 160 m <sup>3</sup> / год
Джерело живлення	Напруга 3 фази
Потужність	11 кВт
Розмір (мм)	6500 * 1200 * 1800
Вага	1500 KG
Швидкість пакування	2100-3000 лотків / год
Діаметр рулону плівки	300 мм
Стиснене повітря	0.6-0.8 МПа
Газ	Чистий газ або суміш N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> або інший газ

Автоматична машина для запаювання лотків ланцюгового типу KBT900 представлена на рисунку 1.6. Автоматична машина для запаювання лотків KBT900 широко використовується для пакування різних харчових продуктів у готові жорсткі лотки, чашки та миски.



Рисунок 1.6 – Автоматична машина для запаювання лотків ланцюгового типу KBT900

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

Стандартна функція машини – лише запаювання лотків. При необхідності можливе пакування у модифікованому газовому середовищі. Автоматична машина для запаювання лотків КВТ900 сумісна з різними автоматичними пристроями наповнення, пристроями, що друкують, пристроями автоматичної подачі лотків тощо для створення автоматичної пакувальної лінії.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики автоматичної машини для запаювання лотків ланцюгового типу КВТ900 [6]

Модель №	КВТ900
Кількість лотків за цикл	4-6 шт.
Вакуумний насос (BUSCH)	100 / 160 м <sup>3</sup> / год
Джерело живлення	Напруга 3 фази
Потужність	7,5-10,5 кВт
Розмір (мм)	4000 * 900 * 1700
Вага	1200 кг
Швидкість пакування	1200-2400 лотків/год
Діаметр рулону плівки	280 мм
Стиснене повітря	0.6-0.8 МПа
Газ	Чистий газ або суміш N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> або інший газ

На основі вище зазначеного можна вважати, що консервування харчових продуктів зазвичай передбачає запобігання росту бактерій, грибків (наприклад, дріжджів) або інших мікроорганізмів (хоча деякі методи працюють шляхом введення в їжу доброякісних бактерій або грибків), а також уповільнення окислення жирів тощо. Консервація харчових продуктів також може включати процеси, які пригнічують погіршення кольору, такі як ферментативне потемніння яблук після того, як їх нарізають під час приготування. Харчова сировина повинна бути безпечною та мати високу поживну цінність з мінімальним часом приготування, про що свідчить збільшення використання ряду продуктів, таких як готова до вживання їжа та мінімально оброблені свіжі продукти. Для того, щоб задовольнити ці вимоги, виробники продуктів харчування шукають нові методи і технології консервації.

Зазначено, що упаковка у модифікованій атмосфері полягає в упаковці продуктів, що швидко псуються в атмосфері, яка була змінена, щоб продовжити термін зберігання упакованих продуктів. Хоча зберігання в контрольованій атмосфері включає ретельний контроль і додавання газу для підтримки фіксованої концентрації газу навколо продукту, газовий склад свіжих продуктів постійно змінюється через хімічні реакції та мікробну активність. Зовнішнє середовище також може створюватися проникненням пакувальних матеріалів.

Вважається, що упаковка харчових продуктів у модифікованій атмосфері може забезпечити більш тривалий термін зберігання та покращену демонстрацію продукту у зручному контейнері, що робить продукт привабливішим для роздрібних покупців.

## РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ПАКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З МОДИФІКОВАНОЮ АТМОСФЕРОЮ

### 2.1 Пакування сировини в активному та пасивному модифікованому середовищі

Фрукти та овочі є основним джерелом вуглеводів, органічних кислот, харчових волокон, мінеральних речовин та вітамінів для поживного раціону людини. Фрукти та овочі містять велику кількість води (75-90%) і тому більш сприйнятливі до пошкодження мікроорганізмами. Свіжозібрана продукція має короткий термін зберігання і вона швидко втрачає свою свіжість і якість при недотриманні оптимальних умов температури і відносної вологості.

Фрукти та овочі є біологічно активними і продовжують свій метаболізм навіть після збирання врожаю. Обов'язково потрібно зберігати свіжі продукти та овочі в оптимальних умовах зберігання, щоб запобігти їх мікробному та фізіологічному пошкодженню, оскільки частота їх дихання різко зростає після збору врожаю. Неправильні методи зберігання призводять до втрат якості, які можуть бути мікробіологічними, біологічними, біохімічними, хімічними, механічними, фізичними або фізіологічними, що призводить до падіння їх ринкової відпускної ціни. Серед них мікробіологічні, механічні та фізіологічні фактори спричиняють найбільше втрат у швидкопсувних культурах.

Щоб продовжити термін зберігання свіжих продуктів критично важливо мінімізувати швидкість реакції біохімічних змін, ферментативної та мікробної деградації. Як правило, термін зберігання фруктів і овочів збільшується за рахунок забезпечення належних санітарних умов під час збирання та переробки; мінімізація їх водної активності та функціональності ферментів; оптимізації їх температури та відносна вологість повітря. Незважаючи на ці запобіжні заходи, гази навколо продуктів продовжують служити відповідним середовищем для деяких реакцій окислювального походження, а також для росту аеробних мікроорганізмів. Отже, зміна атмосфери навколо продуктів може допомогти зберегти їх якість.

Упаковка з модифікованою атмосферою – це процес, розроблений для продовження терміну зберігання свіжих харчових продуктів. Технологія замінює повітря всередині упаковки захисною газовою сумішшю. Перевага полягає в тому, що він уповільнює хімічні реакції, що викликають псування продукту, в результаті чого термін придатності в 2-5 разів більше, ніж у упаковок зі звичайним повітрям [6-9]. Однак розриви, проколи або неповні ущільнення, які спричинені проблемами на пакувальній лінії, пошкоджують цілісність ущільнення упаковки та в кінцевому підсумку впливають на якість продукції. Виробники звертаються до нових технологій, щоб покращити якість

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Єріс</i>				<b>Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						23	17
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>			
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

продукції, зменшити кількість відходів або псування через неправильну упаковку, а також відповідати зростаючим вимогам до якості, що висувуються їхнім брендом та клієнтами.

Упаковка з модифікованою атмосферою та зберігання при низькій температурі є одними з найбільш використовуваних методів збереження свіжості та безпеки мінімально оброблених фруктових та овочевих продуктів. Технологія полягає в модифікації внутрішньої атмосфери упаковки шляхом взаємодії між диханням продукту, проникністю плівки та зміною температури під час зберігання [11]. Усередині упаковок концентрація  $O_2$  знижується, а концентрація  $CO_2$  зростає, що спричиняє зниження частоти дихання продукту і, як наслідок, уповільнення явищ старіння та розпаду. Технологія знаходить визнання у виробників, оскільки вони можуть продавати харчові продукти, які довше залишаються свіжими, ніж продукти, що зберігаються в атмосферному складі.

Пакування з модифікованою атмосферою – це процес в результаті якого повітря з упаковки видаляється і замінює повітря одним газом або сумішшю газів. Використання газової суміші залежить від типу продукту. Газовий обмін триває за рахунок біохімічної зміни, частоти дихання упакованого продукту і повільного проникнення газів через контейнер в період зберігання.

Модифікація повітря в просторі упаковки в технології модифікованої атмосфери досягається природною взаємодією двох процесів: дихання продуктів і проникнення газів через матеріал. Процес знижує метаболічну активність продукту і присутніх мікроорганізмів за рахунок оптимізації складу газу (подача  $O_2$ , застосування підвищеного рівня  $CO_2$  і балансу  $N_2$ ). Зазвичай використовуються два типи модифікованої упаковки: активна упаковка та пасивна упаковка. В залежності від того, чи був введений обсяг газу з різною атмосферною концентрацією в момент герметизації пакета (активний процес), або просто пакет був запечатаний атмосферним повітрям (пасивний).

Активна упаковка має пакувальний матеріал, який взаємодіє з атмосферою або складом газу, присутнім усередині упаковки, змінюючи склад газу в головному просторі, такий як кисень, вуглекислий газ і етилен або він містить добавки, які включені в упаковку для зміни атмосфери верхнього простору упаковки [8, 10, 12]. Існують різні способи зробити пакети активними, але для активного пакування використовуються лише два механізми: розміщення активного елемента всередині упаковки або включення активного елемента в сам пакет. При зберіганні з контрольованою атмосферою атмосфера навколо продукції модифікується, а її концентрація строго контролюється відповідно до конкретних потреб продукції протягом усього періоду зберігання.

Упаковка в модифікованій атмосфері витісняє гази в упаковці, замінюючи їх потрібною сумішшю газів. Упаковка в пасивній модифікованій атмосфері передбачає використання вибраного типу плівки при упаковці продукту. Бажана атмосфера розпадається природним шляхом завдяки диханню продуктів і дифузії газів через плівку.

Активна модифікація передбачає витіснення повітря контрольованою, бажаною сумішшю газів, процедура, яку зазвичай називають промивкою газом. Пасивна модифікація відбувається як наслідок дихання їжі та/або метаболізму

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



мікроорганізмів, пов'язаних з їжею. Структура упаковки, зазвичай, включає полімерну плівку і тому проникнення газів через плівку (яке змінюється в залежності від природи плівки та температури зберігання) також впливає на склад атмосфери, що розвивається. Принципова схема пакування сировини в пасивному модифікованому середовищі наведено на рисунку 2.1.

Модифікація активної атмосфери здійснюється шляхом створення вакууму в методах упаковки, таких як консервування або розлив у скляну тару. Цей метод усуває залишки кисню в упаковках і запобігає росту мікроорганізмів і зберігає їжу. Як тільки створюється вакуум і заповнюється необхідний газ складу, ці зміни стають незмінними до кінцевих стадій. Вакуум повинен зберігатися в складських приміщеннях, контейнерах в рамках ланцюга поставок. Технологія використовується для широкого спектру харчових продуктів, таких як сири, салати, фрукти та овочі, м'ясо, птиця, риба, хлібобулочні вироби, картопляні чіпси тощо.

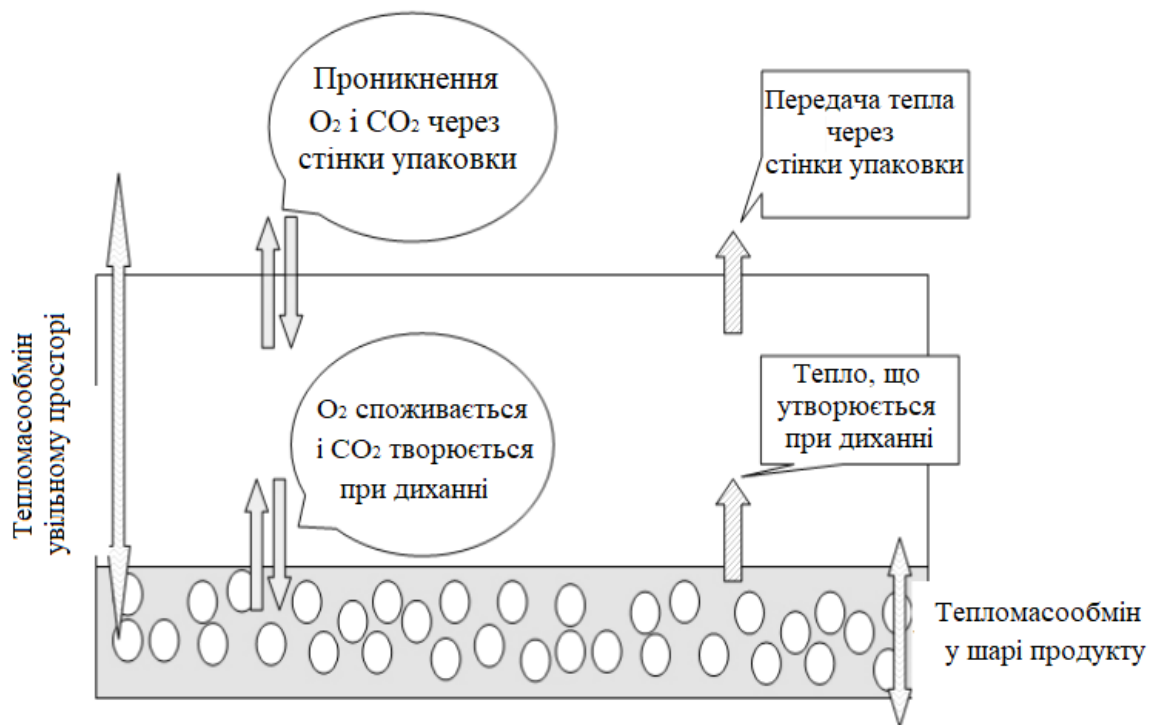


Рисунок 2.1 – Принципова схема пакування сировини у модифікованому середовищі [11]

Зміна складу кожного газу в верхньому просторі упаковки буде залежати від метаболічних процесів упакованого продукту і передачі газу по системі упаковки.

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Накопичення або} \\ \text{зменшення швидкості} \\ \text{газу в вільному просторі} \\ \text{упаковки} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Швидкість} \\ \text{передачі газу через} \\ \text{систему упаковки} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Швидкість утворення} \\ \text{або споживання газу в} \\ \text{продукті} \end{array} \right]$$

При упаковці продукту почне споживатися  $O_2$  з верхнього простору упаковки і виробляти  $CO_2$  за рахунок її дихання, водяної пари за рахунок транспірації і етилену. Це створить різницю в концентрації між внутрішньою та зовнішньою частинами упаковки, що призведе до входу  $O_2$  та виходу інших газів у зовнішню атмосферу. Склад різних газів буде змінюватися до тих пір, поки не буде досягнута рівновага між метаболічними процесами в продукті і передачею газів через упаковку. На цьому етапі система перетворюється на упаковку з модифікованою атмосферою, яка є контрольована і буде підтримуватися до тих пір, поки не будуть витрачені субстрати продукту або до тих пір, поки не зміняться умови зберігання, такі як температура.

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Швидкість утворення} \\ \text{або споживання газу в} \\ \text{продукті} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Швидкість передачі} \\ \text{газу через систему} \\ \text{упаковки} \end{array} \right]$$

Частота дихання свіжої продукції, термін зберігання залежить від її частоти дихання. Енергія, що виділяється при диханні, пов'язана з енергією, необхідною для повного окислення моля субстрату до  $CO_2$  і  $H_2O$ . Оскільки дихання є серією реакцій окислення, то швидкість, з якою воно здійснюється, буде пов'язана з концентрацією  $O_2$  в середовищі, а при зменшенні цієї концентрації енергія, яка виділяється, також буде зменшуватися.

Тим не менш, на максимальне споживання  $O_2$  або швидкість виробництва  $CO_2$  не впливає рівень  $CO_2$  в атмосфері, що оточує продукт [16]. У кінетиці норми споживання  $O_2$  і генерації  $CO_2$  становлять, відповідно:

$$r_{O_2} = \frac{r_{O_2\max} y_{O_2}}{K_{mO_2} + y_{O_2} \left( 1 + \frac{y_{CO_2}}{K_{muCO_2}} \right)}$$

$$r_{CO_2} = \frac{r_{CO_2\max} y_{O_2}}{K_{mCO_2} + y_{O_2} \left( 1 + \frac{y_{CO_2}}{K_{mu'CO_2}} \right)}$$

де  $r_{O_2}$  і  $r_{CO_2}$  – норми витрати  $O_2$  і вироблення  $CO_2$  відповідно;

$r_{O_2\max}$  і  $r_{CO_2\max}$  – максимальні норми споживання  $O_2$  або виробництва  $CO_2$ .

Проникність матеріалу для різних газів буде визначатися його молекулярною структурою, товщиною, площею поверхні, доступною для масообміну, градієнтом концентрації, перепадом тиску і температурою [16]. Коли структура плівки однорідна, без тріщин і перфорацій, газ буде протікати через матеріал шляхом молекулярної дифузії. Спочатку газ буде адсорбований до ближньої поверхні плівки, потім газ буде дифундувати через плівку за

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

рахунок перепаду концентрацій (від точки найбільшої концентрації до точки найнижчої концентрації), а після цього він буде десорбований з найдалшої від плівки грані [16]. Проникнення або перенесення газу через матеріал, з якого складається пакувальна система, може бути виражено наступним чином:

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{q}{\lambda} \left( \frac{RT}{PM_{\text{H}_2\text{O}}} \right) + k(a_{\text{wp}} - a_{\text{wat}})$$

де  $r_{\text{H}_2\text{O}}$  – швидкість транспірації;

$q$  – загальна теплота, яка передана продукту;

$\lambda$  – прихована теплота випаровування вологи;

$R$  – постійна газу;

$T$  – температура;

$P$  – тиск,  $M_{\text{H}_2\text{O}}$  – водяна молярна маса;

$k$  – сумарний коефіцієнт масопереносу;

$a_{\text{wp}}$  – активність води в продукті;

$a_{\text{wat}}$  – активність води в навколишній атмосфері.

Якщо система упаковки не знаходиться в тепловій рівновазі, можна припустити, що ефективна теплота, яка сприяє випаровуванню води, крім градієнта водної активності, є розсіяною часткою тепла дихання [18]. Метою проектування пакувальних систем з модифікованим середовищем є досягнення умов, які дозволять збільшити термін зберігання сировини. Крім того, технологія спрямована на створення рівноважної концентрації  $\text{O}_2$  і  $\text{CO}_2$  всередині упаковки і ця концентрація відповідає рекомендованому рівню, необхідному для максимально можливого терміну зберігання товару (рис. 2.2).

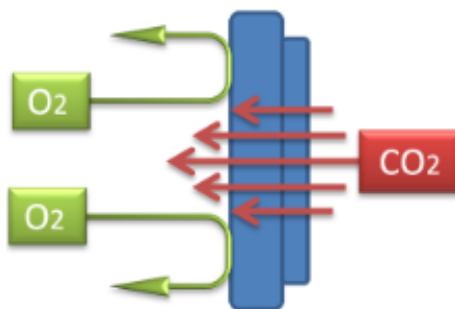


Рисунок 2.2 – Створення рівноважної концентрації  $\text{O}_2$  і  $\text{CO}_2$

Рівноважна концентрація  $\text{O}_2$  і  $\text{CO}_2$ , що досягається всередині упаковки для пакувальної системи, повинна залишатися постійною протягом усього періоду зберігання, щоб знизити частоту дихання і швидкість всіх метаболічних процесів для стабілізації свіжості і продовження терміну зберігання сільськогосподарської продукції. Зіставлення швидкості проникнення плівки для  $\text{O}_2$  і  $\text{CO}_2$  зі швидкістю дихання упакованих продуктів може зробити це. Як різні продукти розрізняються за своєю поведінкою, так і модифіковані в атмосфері, що піддаються впливу динамічного середовища, кожен пакет повинен пристосовуватися до конкретного попиту. Неправильно спроектована

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

пакувальна система може виявитися неефективною або навіть скоротити термін служби сировини, що зберігається. Якщо не підтримувати потрібну атмосферу то не буде відбуватися відповідний процес; якщо концентрація  $O_2$  та/або  $CO_2$  під час проектування пакувальної системи не знаходиться в межах необхідного діапазону, продукція зазнає серйозних змін, що призводять до скорочення терміну зберігання.

Передовим розвитком в області пакування є зберігання в умовах модифікованої атмосфери. Упаковка з модифікованою атмосферою, техніка збереження бажаних якостей харчових продуктів передбачає зміну атмосфери в упаковці, що оточує продукт. Атмосфера в упаковці може змінюватися або пасивно, що відбувається в результаті природного дихання даного овоча, виробляючи  $CO_2$  у міру використання  $O_2$  або активно, при цьому необхідні концентрації різних газів, що складають бажану атмосферу, об'єднуються і вводяться в упаковку, що містять овочі, після нанесення невеликого вакууму. У випадку з обробленими або попередньо приготованими овочами дихання не відбувається [6-9]. Розглянемо гази, що використовуються для харчових продуктів в упаковці з модифікованою атмосферою та їх вплив на активність мікроорганізмів.

1. Кисень, мабуть, найважливіший газ, який використовується метаболічно як аеробник та бере участь у деяких ферментативних реакціях у їжі, але якщо продукт приготований, останніх двох не буде. З цих причин кисень або виключають, або встановлюють максимально низькі рівні. Винятки мають місце там, де кисень необхідний для уникнення анаеробних умов в харчових продуктах. Кисень в цілому стимулює ріст аеробних бактерій і може пригнічувати їх ріст, хоча існує дуже широкий розкид чутливості анаеробів до  $O_2$ . Виключення  $O_2$  взагалі бажано з огляду на те, що він призводить до пригнічення широкого спектра мікробіологічних засобів псування. Його включення, однак, має важливе значення головним чином для збереження свіжих дихаючих харчових продуктів.

2. Вуглекислий газ має потужну інгібуючу дію на ріст бактерій, але фактичний механізм пригнічення досі чітко не вивчений. Він особливо ефективний проти аеробних бактерій. Однак  $CO_2$  не затримує ріст всіх видів мікробів, наприклад, ріст молочнокислих бактерій посилюється в умовах високого вмісту вуглекислого газу і низької концентрації кисню, а вуглекислий газ практично не впливає на дріжджові клітини.

Вуглекислий газ є інгібітором росту бактерій і грибів. Режим його роботи залежить від розчинення газу, який є водо- і жиророзчинним в упакованому продукті. Це має ряд наслідків:

– інгібуючий ефект безпосередньо пов'язаний з кількістю присутнього  $CO_2$ , тобто чим вище концентрація  $CO_2$ , тим вище інгібуючий ефект (вплив концентрації  $CO_2$  на інгібування є лінійним до 50-60% від загальної атмосфери в перерахунку на об'єм), вище якого подальший вплив на більшість організмів був незначним або взагалі відсутнім;

– розчинність  $CO_2$  обернено пропорційна температурі зберігання і тому низькі температури надають синергетичний вплив на його дію;

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– при розчиненні частина газу існує у вигляді вугільної кислоти, яка може викликати неприємні кислі присмаки (закисання) при використанні високих концентрацій CO<sub>2</sub>;

– поглинання газу продуктом викликає деяке зменшення об'єму газу і, як наслідок, руйнування пакета.

3. Азот є інертним газом, який розчиняється як у воді, так і в жирі. Він використовується в пакуванні в основному для витіснення кисню, щоб затримати окислення. Він також може опосередковано впливати на мікроби в швидкопсувних продуктах, уповільнюючи ріст мікробів, що псують аероби. Також роль азоту полягає в тому, щоб виступати в якості наповнювача і запобігати руйнуванню упаковки в продуктах, які поглинають вуглекислий газ.

Данна технологія пакування регулює навколишню атмосферу, що оточує їжу, видаляючи частину кисню та замінюючи його сумішшю вуглекислого газу та азоту. Цей процес, який іноді називають «промиванням газом», зберігає свіжість і зовнішній вигляд їжі протягом більш тривалого періоду часу, що дозволяє демонструвати більш привабливий продукт на полицях магазинів. Видалення кисню з атмосфери їжі в упаковці означає, що процес псування продукту значно затримується. Кисень дозволяє їжі розкладатися, створюючи сприятливе середовище для мікроорганізмів. Ці мікроорганізми, такі як дріжджі, цвіль і бактерії з часом погіршують зовнішній вигляд, якість і свіжість їжі.

Видалення частини кисню також зупиняє деякі реакції між молекулами кисню та жировими ліпідами в їжі. Ці ліпідні реакції відповідають за багато сенсорних сигналів, які вказують нам на те, що їжа зіпсувалася, наприклад, «вимкнені» смаки. Подібним чином ферменти, які містяться в їжі, можуть окислюватися, коли вони піддаються впливу кисню протягом тривалого періоду часу. Це також сприяє непривабливому псуванню їжі, включаючи коричневі свіжі овочі та кислий запах [16]. Не весь кисень з упаковки видаляється. Зазвичай достатньо підтримувати десь 0,5% – 2,5% кисню, а кисень, який видаляється, замінюється сумішшю вуглекислого газу та азоту. Суміш вуглекислого газу та азоту є більш летючою для бактерій, дріжджів та інших мікроорганізмів, які спричиняють псування та гниття їжі, а це означає, що вони не можуть завдати звичайної шкоди свіжим продуктам. Газова суміш легко замінює кисень, який видаляється у вакуумній камері, не вносячи нічого непривабливого в запах, смак або зовнішній вигляд їжі.

Процес вакуумного пакування створює ідеально герметичне ущільнення навколо свіжих продуктів і нової газової атмосфери, а це означає, що їжа не буде сприйнятлива до зовнішніх забруднювачів, молекул кисню або мікроорганізмів після її запечаткування. Насправді багато мікроорганізмів, які сприяють псуванню їжі, щодня присутні в атмосфері навколо нас. Цей останній етап процесу герметизує нову атмосферу та одночасно захищає їжу від зовнішнього забруднення. З цих причин високотехнологічний MAP – це процес, якому багато виробників продуктів харчування в усьому світі віддають перевагу, як безпечному способу зберегти продукти свіжими протягом більш тривалих періодів часу.

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

Для успішного подовження терміну придатності харчових продуктів необхідні відповідні пакувальні системи, особливо для адаптації до жорстких умов, таких як коливання температури та фізичні впливи під час зберігання та розподілу. Система упаковки повинна бути розроблена з урахуванням властивостей відповідного харчового продукту, умов розподілу, необхідності прозорості плівки і вимог до газового бар'єру.

У контексті швидкопсувних харчових продуктів, тобто тих, що піддаються мікробіологічному псуванню, умови модифікованої атмосфери є мікробіостатичними, тобто в цілому здатними знижувати швидкість росту мікроорганізмів, і зазвичай не мікробіоцидними ні до аеробів, ні до анаеробів. Крім того, ефект контрольованої атмосфери / модифікованої атмосфери / вакуумної упаковки збільшується зі зниженням температури.

У вакуумній упаковці з високобар'єрних матеріалів повітря видаляється для пригнічення росту аеробних мікроорганізмів, усадки, окислення та погіршення кольору. Крім того, підвищений рівень CO<sub>2</sub> і знижений рівень O<sub>2</sub> утворюються у вакуумних упаковках під дією мікроорганізмів на їжу під час споживання ними O<sub>2</sub> та/або ферментативним диханням їжі, яке не пригнічує. Атмосфера, що містить підвищені концентрації CO<sub>2</sub> в поєднанні з високою бар'єрною упаковкою ефективно пригнічують мікроорганізми, особливо бактерії в охолоджених продуктах. Відсутність O<sub>2</sub> створює умови за яких мікроорганізми, включаючи патогенні мікроорганізми, можуть розмножуватися і виробляти токсини.

## **2.2 Чинники, що впливають на якість упаковки з модифікованим газовим середовищем**

Овочева сировини є швидкопсувною і на термін її зберігання впливає безліч факторів. Більшість продуктів, що використовуються для упаковки з модифікованим середовищем повинні проходити попередню обробку, наприклад, бланшування. Кожна ланка у процесі може вплинути на ефект збереження та якість упакованої рослинної сировини. На якість упаковки, безпеку харчових продуктів та термін придатності харчових продуктів значною мірою впливають такі фактори: температура зберігання продукції, свіжість сировини, технологія переробки продукції, склад та співвідношення пакувального газу, співвідношення обсягу газу в пакувальній тарі до маси матеріалу (В/Вт), пакувальні матеріали тощо. Чинники, що впливають на якість упаковки з модифікованим газовим середовищем наведено на рисунку 2.3.

1. Температура обробки і зберігання сировини визначає швидкість і ступінь погіршення їх якості. Температура зберігання є найбільш критичним фактором, що впливає на якість упаковки у модифікованому середовищі та має прямий вплив на термін придатності [13]. Коли охолодження є єдиним фактором контролю для упакованих в модифікованій атмосфері продуктів, термін придатності повинен бути обмежений 5 днями при зберіганні при температурі 5-10°C. Термін придатності може бути продовжений до 10 днів при зберіганні при температурі нижче 5°C. У різних дослідженнях спостерігаються великі відмінності в температурних параметрах і повідомляється про діапазон

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

температур від  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $26^{\circ}\text{C}$ . Поєднання низької температури та збереження модифікованої атмосфери має хороший ефект консервації. Низька температура необхідна для того, щоб контролювати процес псування продуктів і запобігати розмноженню потенційних патогенних бактерій в продукті. Це пов'язано з тим, що функції мікроорганізмів і ферментів пригнічуються при низькій температурі, а також це може бути обумовлено посиленням бактеріостатичного ефекту  $\text{CO}_2$  при низькій температурі. Підвищена температура скоротить термін зберігання.



Рисунок 2.3 – Чинники, що впливають на якість упаковки з модифікованим газовим середовищем для харчових продуктів

2. Склад газу має велике значення, оскільки термін зберігання водних продуктів в упаковці з модифікованою атмосферою тісно пов'язаний зі складом газової суміші. Для різних продуктів повинен використовуватися різний газ. У дослідженні, хоча різні змішані гази по-різному впливають на якість водних продуктів в упаковці з модифікованою атмосферою, більшість газових компонентів у даній технології діють лише на упаковку або мікроорганізми.

3. Ефект збереження свіжості різних змішаних газів, мабуть, є накладенням окремих ефектів декількох газів. Оптимальний склад змішаного газу в свіжому зберіганні водних продуктів в основному є результатом комплексної оптимізації кожного газового складу. Існує мало досліджень щодо взаємодії між різними газами або між проміжними продуктами, що утворюються різними газами [13, 16, 18]. Механізм зберігання свіжості різних змішаних газів і оптимальна комбінація свіжих газів різних водних продуктів потребують подальшого вивчення. Крім того, склад газу в упаковці водних продуктів з модифікованою атмосферою пов'язаний з точністю пакувальної машини з модифікованою атмосферою, початковим коефіцієнтом газу, властивостями сировини, повітропроникністю пакувальних матеріалів і мікробним метаболізмом. У меншій мірі вивчені зміни  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  в пакувальному пакеті і розчинена кількість  $\text{CO}_2$  при зберіганні, які слід посилити.

4. Об'єм газу та співвідношення ваги в упаковці (В/Вт). У зв'язку з повітропроникністю пакувального матеріалу та розчинністю CO<sub>2</sub> дуже важливо зробити об'єм газу, що заправляється в пакувальну тару, більшим, ніж об'єм пакувального матеріалу, що може не тільки забезпечити ефект збереження модифікованої атмосфери, але й запобігти руйнуванню пакувальної тари. Зазвичай, об'єм газу в 2-3 рази перевищує вагу продуктів і є ідеальним, але деякі дослідження упаковки з модифікованою атмосферою не вказують співвідношення V/W, а також не включають швидкість розчинення CO<sub>2</sub>, що є важливим показником для вивчення механізму збереження модифікованої атмосфери. Без цього неможливо більш науково пояснити механізм збереження модифікованої атмосфери.

5. Якість сировини і початкові умови. Ефект упаковки з модифікованою атмосферою має важливе співвідношення зі ступенем забруднення перед упаковкою харчових продуктів. Вихідна якість сировини має прямий вплив на термін зберігання водних продуктів в упаковці з модифікованою атмосферою. Чим нижче ступінь забруднення матеріалу мікроорганізмами, що псуються перед упаковкою, тим довше термін зберігання продуктів харчування з модифікованою атмосферою. Кількість мікроорганізмів безпосередньо обмежує термін зберігання рослинної сировини.

6. Специфікація пакувальних матеріалів. Повітропроникність пакувальних матеріалів з модифікованою атмосферою має великий вплив на якість упаковки в модифікованій атмосфері, і вона визначає, чи є співвідношення газу в пакувальній тарі стабільним або збалансованим. Різні пакувальні матеріали мають різну швидкість бар'єру для різних газів, а також на них впливає температура та вологість навколишнього середовища. Пакувальні матеріали з відмінними бар'єрними властивостями можуть не тільки запобігти переливу різних газів в упаковці але і запобігти потраплянню зовнішніх газів.

### **2.3 Удосконалення системи управління пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації**

Технологія автоматичної пакувальної машини – це комплексна технологія, що охоплює багато галузей. В останні роки розвиток автоматичної пакувальної машини швидко зростає, застосовуються електронні технології, комп'ютерні технології, сенсорні технології та деякі з новітніх технологій в автоматичній пакувальній машині. Використання повністю автоматичної технології пакувальних машин є важливою частиною промислового розвитку.

Питання автоматизованого пакування має не тільки теоретичне значення, але й значний промисловий інтерес. На сучасному конкурентному ринку упаковка продукції відіграє більш важливу роль, ніж будь-коли раніше. Зміна дизайну пакетів, скорочення часу виходу на ринок і часте представлення продукції змушують виробників у всьому світі змінювати свій підхід до процесу пакування. У минулому виробники поклалися на традиційні технології упаковки, такі як спеціальне обладнання та ручні методи виробництва. Сьогодні застосовуються нові підходу до проблеми пакування,

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



яка використовує автоматизацію, але також забезпечує гнучкість ручного оператора [17, 18]. Ключовим кроком у розробці такої гнучкої системи пакування є інтеграція інтелектуального зворотного зв'язку. Це підкреслює важливість розробки адаптивної системи пакування в контексті системної інженерії. Застосовуючи системний підхід, забезпечується максимальне використання контекстуальної інформації, що залежить від конкретної проблеми, отриманої, наприклад, з характеру оброблюваного продукту, виробничого процесу та застосування спеціальних функцій. Наприклад, у деяких програмах пакування товари повинні пакуватися в міру їх надходження на пакувальну станцію, таким чином знімаючи навантаження на об'єкт замовлення з системи пакування.

Автоматизація харчової промисловості означає управління процесом за допомогою різних технологій на основі комп'ютерного програмного забезпечення або робототехніки, щоб зробити його більш швидким. Харчова промисловість поєднується з автоматизованою системою більше ніж будь-яка інша промислова галузь. Автоматизація – це технологія, яка пов'язана із застосуванням механічної, електронної та комп'ютерної системи для експлуатації та управління виробництвом [20]. Технологія автоматизації включає:

- автоматичні верстати для обробки деталей;
- автоматичні складальні машини;
- промислові роботи;
- автоматизована система обробки та зберігання матеріалів;
- автоматизована система контролю якості;
- управління зворотним зв'язком та комп'ютерне управління процесами;
- комп'ютерна система для планування, збору даних та прийняття рішень

для підтримки виробничих потужностей.

Роботи та системи автоматизації в системі переробки та пакування харчових продуктів сприяють зниженню витрат на оплату праці та питанням охорони здоров'я та безпеки. Найбільш цінною перевагою системи автоматизації є підвищення продуктивності, якості продукції та рентабельності. Таким чином, автоматизація виробництва дозволяє підвищити продуктивність, якість продукції і рентабельність.

Відповідно, це потребує удосконалення системи управління пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації. Технологія вимагає ретельного проектування, щоб забезпечити продовження терміну придатності та збереження якості сировини. Наприклад, надмірне споживання  $O_2$  та виробництво  $CO_2$  можуть призвести до швидкого погіршення якості та можуть становити ризики для безпеки продукції. Зокрема, коливання температури під час зберігання та обробки можуть призвести до значних відхилень від сприятливих середовищ. Тому, для досягнення найкращих результатів необхідно удосконалити деякі компоненти обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою з урахуванням сучасних досягнень в цій галуззі. Запропонована система управління процесом пакування із модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації наведена на рисунку 2.4.

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

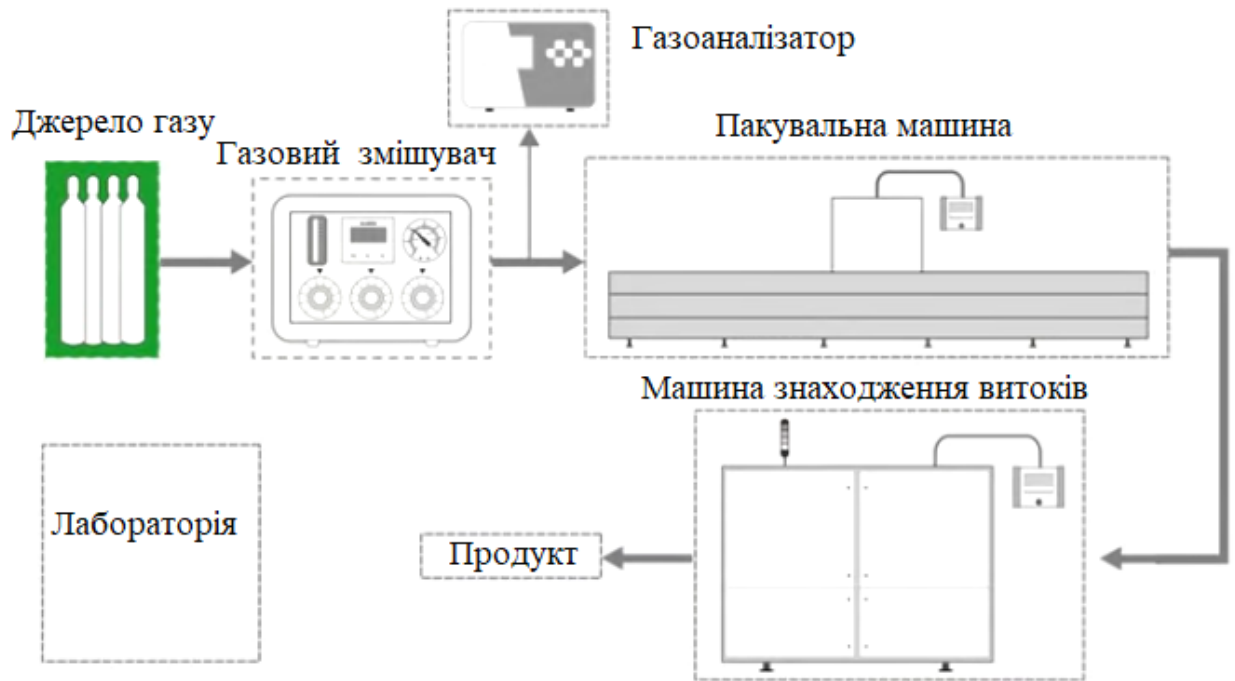


Рисунок 2.4 – Система управління процесом пакування з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації

1. Джерело газу. Під газом маємо на увазі азот, вуглекислий газ та кисень. Щоб розпочати процес газу передаються в газовий змішувач, для створення бажаної суміші азоту, вуглекислого газу та кисню для різних типів харчових продуктів. Щоб досягти найкращого результату можна відрегулювати газову суміш, відсоткове співвідношення із використанням різних методів. Пропонується здійснювати процес із використанням механічних регуляторів на змішувачі, який необхідно підключити до програмованого логічного контролера (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Механічний регулятор на змішувачі, який підключений до програмованого логічного контролера

Програмований логічний контролер – це цифровий електронний пристрій, який використовує програмовану пам'ять для внутрішнього зберігання інструкцій шляхом реалізації певних функцій, таких як логічна послідовність, час, підрахунок для керування за допомогою цифрового або аналогового входу/виходу різними типами машин.

Програмований логічний контролер використовується для управління різними процесами в промисловості. ПЛК – це цифрова обчислювальна машина, яка використовується для автоматизації електромеханічних процесів. Термін «логіка» використовується, в першу чергу, для реалізації логіки та операції перемикавання. Пристрої введення, наприклад, вимикачі та пристрої виведення, наприклад, двигуни, що керуються, підключаються до ПЛК, який працює шляхом постійного сканування програми.

Людино-машинний інтерфейс – це взаємодія між користувачем і машиною при виконанні заданого завдання. ПЛК і людино-машинний інтерфейс взаємодіють за допомогою кабелю RS 232. Це взаємодія між користувачем і машиною при виконанні заданого завдання дозволяє системі управління бути набагато більш інтерактивною. Основне призначення людино-машинного інтерфейсу полягає в тому, щоб забезпечити легкий графічний інтерфейс з процесом. Він також відомий як людино-машинний інтерфейс. Людино-машинний інтерфейс набагато більш специфічний для виробництва та системи управління процесами. Він забезпечує візуальне представлення системи управління і забезпечує збір даних в режимі реального часу. В основному використовується в комп'ютерному моделюванні. Засоби зв'язку ПЛК зазвичай забезпечують послідовну передачу інформації. RS 232 використовується для міжміського комп'ютерного зв'язку. Це асинхронний метод зв'язку. RS 232 простий і універсальний.

2. Газоаналізатор доцільно інтегрувати у газовий змішувач для моніторингу точного вмісту газів у реальному часі (рис. 2.6).

Типи газоаналізаторів



Інтегрований змішувач та аналізатор



Автономний аналізатор

Рисунок 2.6 – Типи газоаналізаторів

3. Система обладнана вимірювальними датчиками, які у разі будь-яких збоїв у газовій суміші інформує оператора активуючи сигналізацію або безпосередньо відключаючи всю систему або певну частину системи. Аналізатор теж підключений до програмованого логічного контролера (ПЛК), який інтегрований у основну систему управління.

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

Запропоновано структурну схему обладнання для пакування харчових продуктів в модифікованому середовищі, яка наведена на рисунку 2.7.

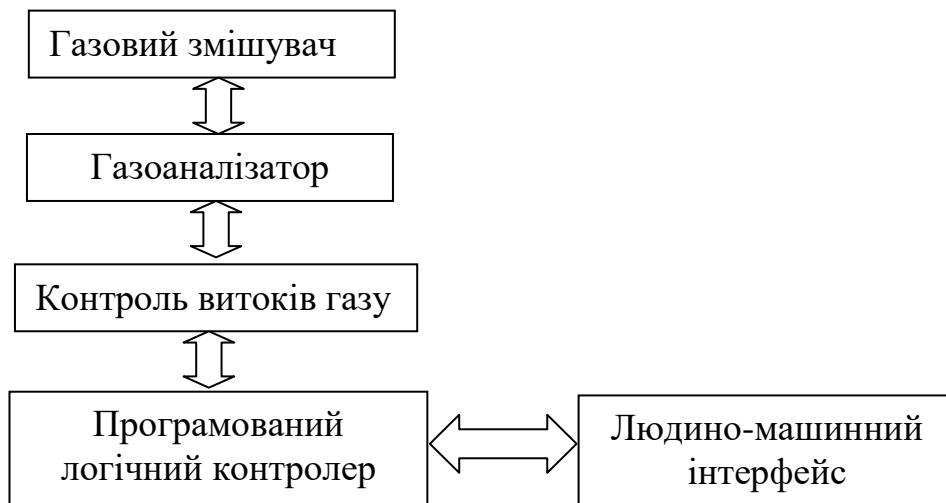


Рисунок 2.7 – Структурна схема машини для пакування харчових продуктів в модифікованому середовищі

4. Після досягнення ідеальної суміші газова суміш при необхідному тиску надходить на наступний етап, який є етапом упаковки. Спосіб застосування модифікованої атмосфери до упаковки залежить від типу використаної машини.

1-й спосіб називається «Газ-промивання». Полягає в тому, що вводиться струмінь газу під тиском в упаковку харчових продуктів, щоб бажана газова суміш замінила повітря всередині. Використовуючи потоковий аналізатор можна зменшити кількість газу. За допомогою аналізатора відбираються проби та аналізуються. Поки значення кисню нижче встановленого граничного значення кількість газу, що піддається, зменшується. Якщо вміст кисню наближається до граничного значення, кількість захисного газу автоматично збільшується.

Другий спосіб називається «Компресований вакуум». Машина спочатку видаляє повітря всередині упаковки, створюючи вакуум, а потім руйнує вакуум за допомогою газових сумішей.

5. Витік газу впливає на якість продукту, тому готову упаковку необхідно перевірити чи правильно вона запакована та відправити на перевірку якості. Важливо переконатися, що в упаковках з модифікованою атмосферою використовується правильна газова суміш, щоб досягти прогнозованого терміну придатності. З цих причин аналіз газу в пакетах модифікованої атмосфери повинен бути включений в програму забезпечення якості. Аналіз газів у пакетах модифікованої атмосфери може допомогти виявити несправність цілісності ущільнення, матеріалів, механізмів або змішування газу перед пакуванням.

Коригувальні дії повинні бути вжиті, якщо газовий аналіз упаковок зі зміненою атмосферою показує, що склади газу виходять за межі узгоджених допусків. Моніторинг цих газів, зазвичай, проводиться в двох точках. Аналізатори встановлюються на обладнання і здатні безперервно контролювати рівень газу під час промивки газом і перед термічним зварюванням. Механізми,

оснащені такими аналізаторами, які можуть автоматично припинити роботу, якщо газова суміш виходить за межі заданих допустимих рівнів. Періодично відбирається контрольний зразок упакованого продукту для вимірювання концентрації кожного газу в упаковці. Зазвичай це досягається шляхом введення голки в упаковку і забору зразка в аналізатор.

Газовий аналіз пакетів з модифікованою атмосферою передбачає виявлення та вимірювання кисню та діоксиду вуглецю, при цьому баланс азоту газу визначається за різницею. Більшість приладів, що використовуються для проведення цих вимірювань, використовують насосну систему відбору проб для відбору проб газу через зонд, вставлений у пакет. Датчики, які використовуються для вимірювання кисню, включають оксид цирконію, електрохімічні паливні елементи та парамагнітні типи. Найпопулярнішим датчиком, який використовується для вимірювання кисню, є оксид цирконію, оскільки він не виснажується, швидко реагує та точний як для низького, так і для високого рівня вимірювання кисню.

Для вимірювання  $\text{CO}_2$  використовуються або інфрачервоні, або термопровідні датчики. Інфрачервоні датчики специфічні для газу і потребують частішого обслуговування, ніж датчики теплопровідності. Вони не специфічні для газу, оскільки вони не схильні до такої ж деградації, яка може виникнути з джерелами світла з інфрачервоним датчиком [9, 21]. Доступні аналізатори включають настільні, транспортабельні або портативні версії, що працюють від акумулятора. Вибір приладу залежить від заводського середовища та типу датчика газу. Калібрування цих приладів, зазвичай, проводиться операторами з використанням стандартних газів. Крім того, деякі моделі оснащені функцією автоматичного калібрування, що дозволяє уникнути необхідності калібрувати власні прилади (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Комбінований вимірювач  $\text{O}_2$  і  $\text{CO}_2$

В лабораторії здійснюється вимірювання рівня газу в упаковці за допомогою газоаналізатора. Перед проведенням дослідження обладнання відкалібровується для забезпечення точності вимірювань. Результати аналізу відображаються на РК-панелі для рівнів  $\text{O}_2$  та  $\text{CO}_2$ . Відразу після кожного

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

вимірювання отвори, викликані голчастим зондом, забиваються за допомогою силіконового герметика. Для упаковки зберігається лише одна точка забору проб або один точковий отвір голчастого зонда протягом усього періоду зберігання. Відбір проб газу з верхньої частини пакетів проводився через регулярний інтервал для концентрації  $O_2$  і  $CO_2$ , що охоплює як перехідний, так і стаціонарний стан динаміки газообміну між пакетом і атмосферою.

На основі вище зазначеного можна вважати, що модифікація повітря в просторі упаковки в технології модифікованої атмосфери досягається природною взаємодією двох процесів: дихання продуктів і проникнення газів через матеріал. Процес знижує метаболічну активність продукту і присутніх мікроорганізмів за рахунок оптимізації складу газу (подача  $O_2$ , застосування підвищеного рівня  $CO_2$  і балансу  $N_2$ ). Зазвичай використовуються два типи модифікованої упаковки: активна упаковка та пасивна упаковка. В залежності від того, чи був введений обсяг газу з різною атмосферною концентрацією в момент герметизації пакета (активний процес) або просто пакет був запечатаний атмосферним повітрям (пасивний).

Зазначено, що метою проектування пакувальних систем з модифікованим середовищем є досягнення умов, які дозволять збільшити термін зберігання сировини. Крім того технологія спрямована на створення рівноважної концентрації  $O_2$  і  $CO_2$  всередині упаковки і ця концентрація відповідає рекомендованому рівню, необхідному для максимально можливого терміну зберігання товару. Рівноважна концентрація  $O_2$  і  $CO_2$ , що досягається всередині упаковки для пакувальної системи, повинна залишатися постійною протягом усього періоду зберігання, щоб знизити частоту дихання і швидкість всіх метаболічних процесів для стабілізації свіжості і продовження терміну зберігання сільськогосподарської продукції. Зіставлення швидкості проникнення плівки для  $O_2$  і  $CO_2$  зі швидкістю дихання упакованих продуктів може зробити це. Як різні продукти розрізняються за своєю поведінкою, так і як модифіковані в атмосфері, що піддаються впливу динамічного середовища, кожен пакет повинен пристосовуватися до конкретного попиту. Неправильно спроектована пакувальна система може виявитися неефективною або навіть скоротити термін служби сировини, що зберігається. Якщо не підтримувати потрібну атмосферу то не буде відбуватися відповідний процес; якщо концентрація  $O_2$  та/або  $CO_2$  під час проектування пакувальної системи не знаходиться в межах необхідного діапазону продукція зазнає серйозних змін, що призводять до скорочення терміну зберігання.

Частота дихання свіжої продукції, термін зберігання залежить від її частоти дихання. Енергія, що виділяється при диханні, пов'язана з енергією, необхідною для повного окислення моля субстрату до  $CO_2$  і  $H_2O$ . Оскільки дихання є серією реакцій окислення, то швидкість, з якою воно здійснюється, буде пов'язана з концентрацією  $O_2$  в середовищі, а при зменшенні цієї концентрації енергія, яка виділяється, також буде зменшуватися. Тому технологія вимагає ретельного проектування, щоб забезпечити продовження терміну придатності та збереження якості сировини. Надмірне споживання  $O_2$  та виробництво  $CO_2$  можуть призвести до швидкого погіршення якості та можуть становити ризики для безпеки продукції. Зокрема, коливання

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

температури під час зберігання та обробки можуть призвести до значних відхилень від сприятливих середовищ. Тому, для досягнення найкращих результатів необхідно удосконалити деякі компоненти обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою з урахуванням сучасних досягнень в цій галузі.

Автоматизація харчової промисловості означає управління процесом за допомогою різних технологій на основі комп'ютерного програмного забезпечення або робототехніки, щоб зробити його більш швидким. Харчова промисловість поєднується з автоматизованою системою більше ніж будь-яка інша промислова галузь. Автоматизація – це технологія, яка пов'язана із застосуванням механічної, електронної та комп'ютерної системи для експлуатації та управління виробництвом.

Запропонована система управління процесом пакування із модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації. Щоб розпочати процес газу передаються в газовий змішувач, для створення бажаної суміші азоту, вуглекислого газу та кисню для різних типів харчових продуктів. Щоб досягти найкращого результату можна відрегулювати газову суміш, відсоткове співвідношення із використанням різних методів. Пропонується здійснювати процес із використанням механічних регуляторів на змішувачі, який необхідно підключити до програмованого логічного контролера. Також доцільно газоаналізатор інтегрувати у газовий змішувач для моніторингу точного вмісту газів у реальному часі.

Програмований логічний контролер використовується для управління різними процесами в промисловості. ПЛК – це цифрова обчислювальна машина, яка використовується для автоматизації електромеханічних процесів. Термін «логіка» використовується, в першу чергу, для реалізації логіки та операції перемикачів. Пристрої введення, наприклад, вимикачі та пристрої виведення, наприклад, двигуни, що керуються, підключаються до ПЛК, який працює шляхом постійного сканування програми.

Людино-машинний інтерфейс – це взаємодія між користувачем і машиною при виконанні заданого завдання. ПЛК і людино-машинний інтерфейс взаємодіють за допомогою кабелю RS 232. Це взаємодія між користувачем і машиною при виконанні заданого завдання, що дозволяє системі управління бути набагато більш інтерактивною. Основне призначення людино-машинного інтерфейсу полягає в тому, щоб забезпечити легкий графічний інтерфейс з процесом. Він також відомий як людино-машинний інтерфейс. Людино-машинний інтерфейс набагато більш специфічний для виробництва та системи управління процесами. Він забезпечує візуальне представлення системи управління і забезпечує збір даних в режимі реального часу. В основному використовується в комп'ютерному моделюванні. Засоби зв'язку ПЛК зазвичай забезпечують послідовну передачу інформації. RS 232 використовується для міжміського комп'ютерного зв'язку.

Зазначено, що важливо переконатися, що в упаковках з модифікованою атмосферою використовується правильна газова суміш, щоб досягти прогнозованого терміну придатності. Аналіз газу в пакетах модифікованої атмосфери повинен бути включений в програми забезпечення якості.

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

## РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Збільшення терміну зберігання фруктів та овочів за допомогою відповідних технологій пакування

Для зберігання продуктів протягом встановленого терміну придатності потрібна відповідна упаковка. Останнім часом розробляються передові технології, щоб задовольнити вимоги споживачів до високої якості та кількості швидкопсувних продуктів: інтелектуальна упаковка, активна упаковка тощо. Ця технологія не тільки пакує продукти, але й надає інформацію в режимі реального часу про свіжість продуктів, колір, температуру, рівень вологості тощо. Для харчових упаковок використовуються пристрої, датчики, елементи поглиначів, газові пристрої.

Основна роль упаковки для харчових продуктів полягає в тому, щоб забезпечити захист від впливу навколишнього середовища, пошкодження та безпеку зберігання. Ще однією метою упаковки харчових продуктів є надання покупцеві інформації про харчові інгредієнти, інструкцію щодо використання. Мета упаковки харчових продуктів повинна полягати в досягненні та підтримці якості продуктів щоразу. Відповідна упаковка допомагає уникнути втрат. Упаковка незамінна у процесах транспортування, зберігання та кінцевого використання шляхом збереження якості харчових продуктів.

Інтелектуальна упаковка. Основними чотирма функціями упаковки є забезпечення захисту, повідомлення клієнту за допомогою письмової інформації вказівок щодо використання, зручність за допомогою дизайну упаковки, логотипу та зберігання. Індикатори інформують покупця про стан якості їжі в режимі реального часу. Індикатори допомагають передавати інформацію про температуру, вологість і термін придатності упаковки харчових продуктів. Носії інформації допомагають зберігати, розподіляти інформацію та відстежувати її за допомогою штрих-кодів, тощо. Датчики дозволяють швидко і чітко визначити кількісну оцінку аналізів у харчових продуктах. Для того, щоб оперувати цією термінологією, інтелектуальна система складається з функцій включення і виключення на упаковці харчових продуктів [12, 15]. Це інформує про внутрішні і зовнішні змінні статусні подразники.

Індикатори часової температури використовуються в інтелектуальній системі упаковки харчових продуктів. Цей показник показує, що продукт нагрівається вище або нижче критичної температури. Якщо його нагрівати або охолоджувати, то він змінюється під впливом росту мікроорганізмів, зміни кольору, зміни прихильності тощо. Під час всього процесу ланцюжка поставок

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Єріс</i>				<b>Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						40	6
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							



необхідно контролювати та підтримувати температуру. Невеликий перепад температури разом з часом може стати причиною погіршення якості їжі. Це можна легко відстежити, записуючи показники температури, які відстежують і записують всю історію даних про час.

Активна упаковка. Активна упаковка є новою галуззю харчових технологій. Багато компаній комерційно віддають перевагу цій технології, оскільки вона більш економічна, ніж інші. Активна упаковка – це вдосконалена система упаковки, яка використовується для збереження їжі свіжою, без запаху та необхідного рівня вологи, вуглекислого газу, кисню.

Основна причина псування їжі пов'язана з наявністю  $O_2$  або шляхом окислення їжі. Чутливі до окислення продукти, такі як сир, м'ясо, молочні продукти, яйця тощо упаковані за технологією модифікованої атмосфери. Але це дорога технологія і не видаляє  $O_2$  повністю. Отже, поглиначам  $O_2$  корисніше видаляти залишки  $O_2$  після упаковки їжі [12]. Мінімізувати рівень окислення в їжі допомагає використання аскорбінової кислоти, окислення порошком заліза, фоточутливого окислення барвників, ферментативного окислення як глюкози та спирту, ненасичених жирних кислот та іммобілізованих дріжджів на твердому матеріалі.

Етилен збільшує частоту дихання їжі разом з розм'якшенням і дозріванням різних фруктів. У випадку з цитрусовими етилен дуже корисний для збільшення терміну зберігання фруктів і овочів. Він випускається у формі пакетиків. Внаслідок процесу дихання та деторіації  $CO_2$  вивільняється у фруктах та овочах, а утворений  $CO_2$  допомагає в розкладанні їжі. Щоб уникнути всіх цих ефектів, використовуються поглиначі  $CO_2$  у вигляді розетки, яка видаляє весь  $CO_2$ , що утворився і підтримує якість фруктів і овочів.

Існують основні три причини використання вологопоглинаючого [12, 15]:

- якщо вміст вологи в їжі збільшується, це посилює ріст мікробактерій і псування їжі;
- якщо вміст вологи знижується нижче певного рівня, це може сприяти окисленню ліпідів. Таким чином, підтримуючи необхідну вологість, виробники можуть використовувати пакетики для контролю вологості;
- для запобігання конденсації під час дихання свіжих овочевих продуктів корисні пакетики, що поглинають вологу.

Упаковка з модифікованим газовим середовищем – це передова технологія пакування, яка використовується для запобігання отриманню їжі свіжої, безпечної поживної цінності протягом встановленого терміну придатності. Технологія досягається шляхом зміни складу газів, таких як азот, кисень і вуглекислий газ, без використання консервантів [9, 12]. Кожен газ має свої переваги і недоліки. Тому технологія складається з основних трьох газів, а саме азоту, кисню та вуглекислого газу. Нормальний склад атмосферного повітря містить 78,1%  $N_2$ , 20,9%  $O_2$  і 0,03%  $CO_2$ . Технологія досягається шляхом зміни складу газів, таких як азот, кисень і вуглекислий газ. Тому, що кожен газ має свої переваги і недоліки. Наявність кисню сприяє збільшенню росту мікробів, швидкому дозріванню та старінню фруктів та овочів, зміні кольору тощо. З іншого боку, він корисний у фруктах і овочах для прискорення

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

аеробного дихання, для збереження природного кольору м'яса, риби тощо. Азот – хімічно інертний газ, що не розчиняється у воді. Його наявність допомагає зберегти їжу, витісняючи кисень і рятує упаковку. Вуглекислий газ знижує процес дихання. Він розчиняється у воді, а також у ліпідах. Його розчинність зростає зі зниженням температури. Розчинення CO<sub>2</sub> у продукті може призвести до руйнування упаковки. Грунтуються на таких принципах:

- зменшує небажані фізіологічні, хімічні/біохімічні та фізичні зміни в харчових продуктах;
- запобігає забрудненню продуктів;
- перешкоджає росту мікроорганізмів;
- засновані на модифікації активної та пасивної атмосфери.

Застосування технологій з контрольованою атмосферою, зазвичай, використовує менше кисню та високий рівень вуглекислого газу в умовах зберігання в поєднанні з охолодженням. Складське приміщення зайняте контрольованим складом газу з близьким допуском. Основна перевага перед пакуванням з модифікованим середовищем в тому, що технологія з контрольованою атмосферою може змінювати склад газу на етапи зберігання відповідно до вимог. В основному це краще для продуктів тривалого зберігання, таких як яблука, ківі, груші тощо. Технологія використовувалася в основному для яблук, але пізніше було доведено комерційно для інших фруктів, нарізаних фруктів і овочів. Це також сприяє дезінфекції та боротьбі з комахами.

У зв'язку з високим попитом на харчову продукцію потреба в пакувальних технологіях для зберігання, обробки, транспортування зростає з кожним днем. Щоб задовольнити цей високий попит, швидкопсувні продукти потребують не тільки холодильної системи, але й передової технології упаковки, яка забезпечує якість харчових продуктів, комерційно легко виготовлену та економічну. Інтелектуальна система забезпечує цю вимогу, надаючи статус у режимі реального часу кожному елементу ланцюжка поставок і клієнтам. Використання сучасних машин, приладів допомагає підтримувати якість їжі. Ці пристрої додаються всередину упаковок, маркуються та вбудовуються в пакувальні матеріали. Активна упаковка комерційно проста у виробництві та економічна. Технологія пакування в модифікованому та контрольованому середовищі передбачає тривале зберігання харчових продуктів без або з дуже малим використанням консервантів, що корисно для здоров'я людини.

### 3.2 Дослідження полуниці при різних методах пакування

Полуниця є чудовим джерелом вітаміну С і марганцю, а також містить пристойну кількість фолієвої кислоти (вітаміну В9) і калію. Ягода дуже багата антиоксидантами та рослинними сполуками, які можуть бути корисними для здоров'я серця та контролю рівня цукру в крові. Зазвичай ці ягоди вживають у сирому та свіжому вигляді, їх також можна використовувати в різноманітних вареннях, желе та десертах. Збереженню поживних якостей полуниці приділяється багато уваги, оскільки навіть при мінімальній обробці вони мають

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

тенденцію легко погіршуватися за текстурою, кольором та загальною якістю, та мають незадовільний термін придатності. Тим не менш, терміни її придатності відносно короткі через швидку втрату якості з часом, а потемніння є основним фізіологічним розладом, який впливає на сенсорні властивості готової до вживання полуниці [19, 20]. Різні методи обробки були протестовані для збереження якості та продовження терміну зберігання полуниці, такі як періодичне нагрівання, затвердіння, обгортання плівкою, воскування, нанесення поліамінів, контрольована атмосфера та упаковка з модифікованою атмосферою і вони дали неоднозначні результати.

Як правило, методи, що використовуються в дослідженні, можна розділити на три основні частини: підготовка зразків (полуниця), зберігання та моніторинг. У роботі було досліджені зразки полуниці при різних методах пакування та зберігання. На рисунку 3.1 представлено зразки полуниці, які зберігалися в упаковці з кришкою. В упаковку потрапляло повітря і спостерігалось погіршення якості сировини вже через 36 годин.



Свіжа полуниця

Через 18 годин

Через 36 годин

Рисунок 3.1 – Перший метод пакування

Проте пакування та збереження в модифікованому середовищі може спирати на динамічний процес зміни газового складу всередині упаковки, що визначається проникністю пакувальної плівки і диханням продукції. У поєднанні зі зберіганням при відповідних температурах він успішно використовується для продовження терміну зберігання свіжих фруктів і овочів. Використання технології знижує частоту дихання і забезпечує контроль дозрівання фруктів і овочів або побуріння в зрізаних продуктах, і в кінцевому підсумку продовжує термін зберігання. Тому інші зразки полуниці зберігалися в упаковці з модифікованим середовищем (рис. 3.2). В упаковку не потрапляло повітря, здійснювалося оптимальне регулювання  $CO_2$  і  $O_2$  в упаковці, що сприяло подовженому терміну зберігання.

Для продовження терміну зберігання фруктів і овочів використовується технологія пакування в модифікованому середовищі. За допомогою упаковки з модифікованою атмосферою природна атмосфера в герметичній упаковці замінюється модифікованою атмосферою або газовою сумішшю, підбраною відповідно до відповідного продукту. Зазвичай він складається з вуглекислого газу, азоту і кисню. Їх точний склад ґрунтується на виді, температурі зберігання і стані продукції, ступені її стиглості, розмірі подрібнення та інших факторах.

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



Свіжа полуниця

Через 18 годин

Через 36 годин

Рисунок 3.2 – Другий метод пакування

Технологія вимагає ретельного контролю, щоб забезпечити продовження терміну придатності та збереження якості сировини. Наприклад, надмірне споживання  $O_2$  та виробництво  $CO_2$  можуть призвести до швидкого погіршення якості та можуть становити ризики для безпеки продукції. Зокрема, коливання температури під час зберігання та обробки можуть призвести до значних відхилень від сприятливих середовищ. Порівняння якості сировини при різних методах пакування наведено на рисунку 3.3.

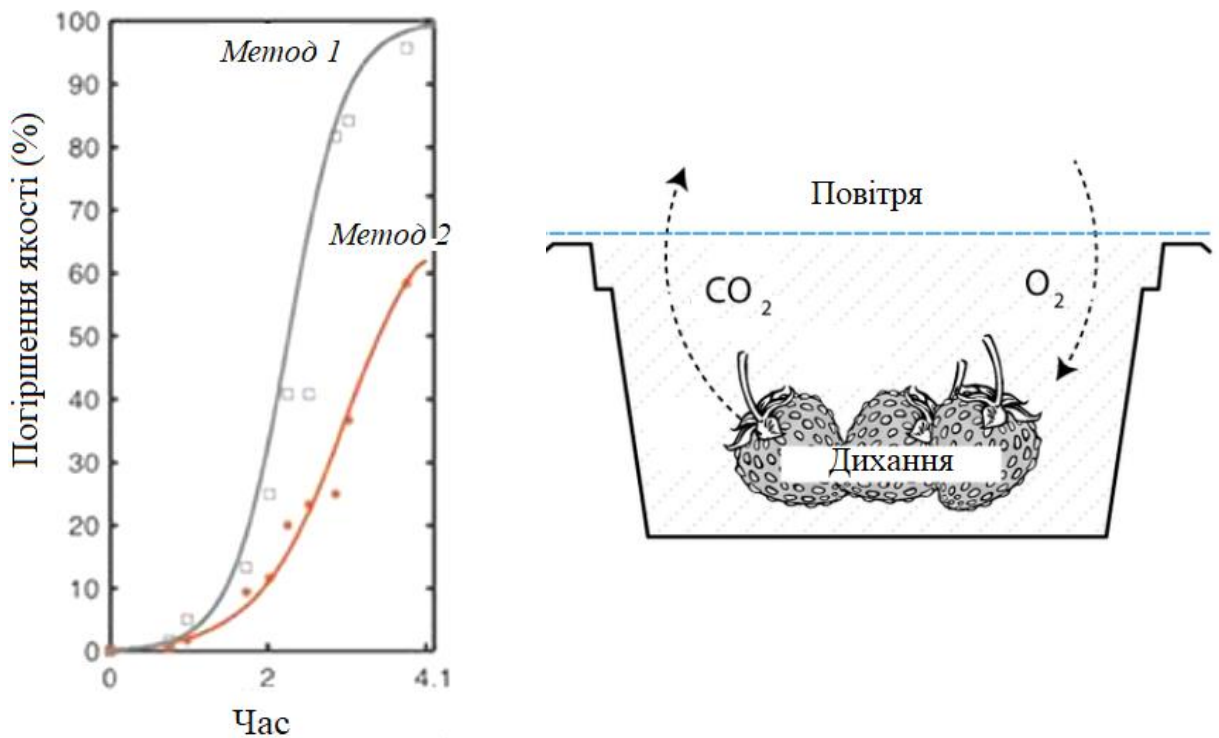


Рисунок 3.3 – Порівняння якості сировини при різних методах пакування

Температура має великий вплив на швидкість дихання продуктів і цей ефект, як правило, вищий, ніж температурний вплив на проникність плівки упаковки. Таким чином, з підвищенням температури зміна складу головного простору внаслідок частоти дихання є більш важливою, ніж міграція газу через проникну пакувальну плівку, що призводить до зміни атмосфери за складом  $O_2$  та  $CO_2$ . Підвищення температури призводить до зниження рівня  $O_2$  та

збільшення складу CO<sub>2</sub>, оскільки чим вища температура зберігання, тим вищі показники споживання та виробництва O<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub> відповідно.

На основі вище зазначеного можна вважати, що основна роль упаковки для харчових продуктів полягає в тому, щоб забезпечити захист від впливу навколишнього середовища, пошкодження та безпеку зберігання. Ще однією метою упаковки харчових продуктів є надання покупцеві інформацію про харчові інгредієнти, інструкцію щодо використання. Мета упаковки харчових продуктів повинна полягати в досягненні та підтримці якості їжі щоразу. Відповідна упаковка допомагає уникнути втрати їжі. Упаковка незамінна у процесах транспортування, зберігання та кінцевого використання шляхом збереження якості харчових продуктів.

Зазначено, що полуниця є чудовим джерелом вітаміну С і марганцю, а також містить пристойну кількість фолієвої кислоти (вітаміну В9) і калію. Ягода дуже багата антиоксидантами та рослинними сполуками, які можуть бути корисними для здоров'я серця та контролю рівня цукру в крові. Збереженню поживних якостей полуниці приділяється багато уваги, оскільки навіть при мінімальній обробці вони мають тенденцію легко погіршуватися за текстурою, кольором та загальною якістю та мають незадовільний термін придатності. Тим не менш, терміни її придатності відносно короткі через швидку втрату якості з часом, а потемніння є основним фізіологічним розладом, який впливає на сенсорні властивості готової до вживання полуниці. Різні методи обробки були протестовані для збереження якості та продовження терміну зберігання полуниці, зокрема контрольована атмосфера та упаковка з модифікованою атмосферою і вони дали неоднозначні результати.

Досліджено зразки полуниці при різних методах пакування та зберігання. Зразки полуниці, які зберігалися в упаковці з кришкою, погано збереглися. В упаковку потрапляло повітря і спостерігалось погіршення якості сировини вже через 36 годин. Інші зразки полуниці зберігалися в упаковці з модифікованим середовищем. В упаковку не потрапляло повітря, здійснювалося оптимальне регулювання CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub> в упаковці, що сприяло подовженню терміну зберігання.

На основі отриманих результатів можна вважати, що доцільно для продовження терміну зберігання фруктів і овочів використовувати технологію пакування в модифікованому середовищі. За допомогою упаковки з модифікованою атмосферою природна атмосфера в герметичній упаковці замінюється модифікованою атмосферою або газовою сумішшю, підбраною відповідно до відповідного продукту. Зазвичай, він складається з вуглекислого газу, азоту і кисню. Їх точний склад ґрунтується на виді, температурі зберігання і стані продукції, ступені її стиглості, розмірі подрібнення та інших факторах.

Технологія вимагає ретельного контролю, щоб забезпечити продовження терміну придатності та збереження якості сировини. Надмірне споживання O<sub>2</sub> та виробництво CO<sub>2</sub> можуть призвести до швидкого погіршення якості та можуть становити ризики для безпеки продукції, а коливання температури під час зберігання та обробки можуть призвести до значних відхилень від сприятливих середовищ.

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

## ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена удосконаленню обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації. У роботі зазначено, що автоматизація харчової промисловості – управління процесом за допомогою різних технологій на основі комп'ютерного програмного забезпечення або робототехніки, щоб робить його більш швидким. Харчова промисловість поєднується з автоматизованою системою більше ніж будь-яка інша промислова галузь. Автоматизація – це технологія, яка пов'язана із застосуванням механічної, електронної та комп'ютерної системи для експлуатації та управління виробництвом.

У першому розділі проаналізовано актуальність поєднання методів консервування та пакування з модифікованою атмосферою як стратегії збереження та покращення якості продуктів харчування. Зазначено, що консервування харчових продуктів може бути досягнута хімічним, біологічним або фізичним шляхом. Хімічне консервування передбачає додавання в їжу таких речовин, як цукор, сіль, кислоти або вплив на харчові продукти хімічних речовин; біологічна консервація передбачає спиртове або кисле бродіння; фізичні підходи до консервування харчових продуктів включають тимчасове підвищення енергетичного рівня продукту (нагрівання або опромінення), контрольоване зниження температури продукту (охолодження, заморожування), контрольоване зниження вмісту води в продукті (концентрація, зневоднення повітря, сублімаційне сушіння) і використання захисної упаковки (вакуумне пакування).

Аналіз дослідження наукових джерел дав змогу виявити, що упаковка в модифікованій атмосфері полягає в пакуванні продуктів, що швидко псуються в атмосфері, яка була змінена, щоб продовжити термін зберігання упакованих продуктів. Хоча зберігання в контрольованій атмосфері включає ретельний контроль і додавання газу для підтримки фіксованої концентрації газу навколо продукту, газовий склад свіжих продуктів постійно змінюється через хімічні реакції та мікробну активність. Зовнішнє середовище також може створюватися проникненням пакувальних матеріалів.

Вважається, що упаковка харчових продуктів у модифікованій атмосфері може забезпечити більш тривалий термін зберігання та покращену демонстрацію продукту у зручному контейнері, що робить продукт привабливішим для роздрібних покупців. За допомогою упаковки з модифікованою атмосферою природна атмосфера в герметичній упаковці замінюється модифікованою атмосферою або газовою сумішшю, підбраною відповідно до відповідного продукту. Зазвичай, він складається з вуглекислого газу, азоту і кисню.

Другий розділ присвячено удосконаленню обладнання пакувальної

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.	Єріс				<b>Удосконалення обладнання пакувальної системи з модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевір.	Омельченко						46	2
Н. Контр.	Омельченко					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.	Хорольський							

системи з модифікованою атмосферою. Зазначено, що використовуються два типи модифікованої упаковки: активна упаковка та пасивна упаковка. В залежності від того, чи був введений обсяг газу з різною атмосферною концентрацією в момент герметизації пакета (активний процес) або просто пакет був запечатаний атмосферним повітрям (пасивний).

Зазначено, що метою проектування пакувальних систем з модифікованим середовищем є досягнення умов, які дозволять збільшити термін зберігання сировини. Технологія спрямована на створення рівноважної концентрації  $O_2$  і  $CO_2$  всередині упаковки і ця концентрація повинна відповідати рекомендованому рівню, який необхідний для максимально можливого терміну зберігання товару. Якщо не підтримувати потрібну атмосферу то не буде відбуватися необхідний процес. Якщо концентрація  $O_2$  та/або  $CO_2$  під час проектування пакувальної системи не знаходиться в межах необхідного діапазону, продукція зазнає серйозних змін, що призводить до скорочення терміну зберігання.

Запропонована система управління процесом пакування із модифікованою атмосферою на основі засобів автоматизації. Пропонується здійснювати процес надходження газової суміші із використанням механічних регуляторів на змішувачі, який необхідно підключити до програмованого логічного контролера. Також доцільно газоаналізатор інтегрувати у газовий змішувач для моніторингу точного вмісту газів у реальному часі.

Розроблено структурну схему машини для пакування харчових продуктів в модифікованому середовищі на основі засобів автоматизації. Програмований логічний контролер – це цифрова обчислювальна машина, яка використовується для автоматизації електромеханічних процесів. Пристрої введення, наприклад, вимикачі та пристрої виведення, що керуються, підключаються до ПЛК, який працює шляхом постійного сканування програми. Людино-машинний інтерфейс – це взаємодія між користувачем і машиною при виконанні заданого завдання. ПЛК і людино-машинний інтерфейс взаємодіють за допомогою кабелю RS 232. Ця взаємодія між користувачем і машиною при виконанні заданого завдання, що дозволяє системі управління бути набагато більш інтерактивною.

Зазначено, що важливо переконатися, що в упаковках з модифікованою атмосферою використовується правильна газова суміш, щоб досягти прогнозованого терміну придатності. З цих причин, аналіз газу в пакетах з модифікованою атмосферою повинен бути включений в програми забезпечення якістю.

У третьому розділі досліджено зразки полуниці при різних методах пакування та зберігання. Зразки полуниці, які зберігалися в упаковці з кришкою, погано збереглися. В упаковку потрапляло повітря і спостерігалось погіршення якості сировини вже через 36 годин. Інші зразки полуниці зберігалися в упаковці з модифікованим середовищем. В упаковку не потрапляло повітря, здійснювалося оптимальне регулювання  $CO_2$  і  $O_2$  в упаковці, що сприяло подовженому терміну зберігання та доцільності використання технології пакування в модифікованому середовищі.

Інтерпретовано результати дослідження.

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

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. An overview of irradiation as a food preservation technique. URL: <https://www.academia.edu/92846431/>.
2. Paisan L. Irradiated foods. American council on science and health. URL: <https://www.acsh.org/sites/default/files/Irradiated-Foods-Fifth-Edition.pdf>.
3. Теоретичні основи консервування харчових продуктів. Режим доступу: <https://1snau.com/teoretichni-osnovi-konservuvannya-xarchovix-produktiv/>.
4. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції. К.: Мета, 2003. 288 с.
5. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Г.І. Подпрятков, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. К.: Мета, 2002. С. 399-408.
6. The complete guide to modified atmosphere packaging (MAP). URL: <https://ru.kbtfoodpack.com/knowledge-base/map-modified-atmosphere-packaging-basic-knowledges/>.
7. Principles of modified atmosphere packaging for shelf life extension of fruits and vegetables: An overview of storage conditions. URL: <https://www.chemjournal.com/archives/2020/vol8issue3/PartAF/8-3-270-877.pdf>.
8. Використання модифікованого газового середовища та вакуумування при пакуванні і зберіганні охолодженого м'яса та напівфабрикатів з нього. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/309000461>.
9. Контроль упаковки з модифікованим газовим середовищем. Режим доступу: <https://www.eltest.com.ua/modified-atmosphere-packaging/>.
10. Переваги упаковки м'яса курей-бройлерів в модифікованому газовому середовищі, та вплив на його зберігання. Режим доступу: [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/97\\_2017/27.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/97_2017/27.pdf).
11. Modelling passive modified atmosphere packaging of strawberries: Numerical analysis and model validation. URL: [https://www.researchgate.net/publication/262672738\\_Modelling\\_passive\\_modified\\_atmosphere\\_packaging\\_of\\_strawberries\\_Numerical\\_analysis\\_and\\_model\\_validation](https://www.researchgate.net/publication/262672738_Modelling_passive_modified_atmosphere_packaging_of_strawberries_Numerical_analysis_and_model_validation).
12. Prajakta Pritam Desai. Advanced food packaging technology. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM). 2023. Vol. 07. P. 1-5.
13. Application of modified atmosphere packaging technology in aquatic product packaging. URL: <https://landercn.com/blog/application-of-modified-atmosphere-packaging-technology-in-aquatic-product-packaging/>
14. Пристрої і машини для пакування продукції в модифікованому газовому середовищі. Режим доступу: <https://msd.com.ua/pakuvalne-obladnannya/pristrji-i-mashini-dlya-pakuvannya-produkciji-v-modifikovanomu-gazovomu-seredovishhi/>.
15. Види пакування вантажу, зберігання на складах та транспортування. Режим доступу: <https://poradumo.com.ua/487347-vydy-pakuvannya-vantazhu-zberigannya-na-skladah-ta-transportuvannya/>.

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



16. Modified Atmosphere Packaging: Design and optimization strategies for fresh produce. URL:<https://www.intechopen.com/chapters/54951>.

17. Автоматизація виробничих процесів. Режим доступу: <https://vspkhp.lcloud.in.ua/ebook/586>.

18. Системи автоматизації та управління в харчовій промисловості. Режим доступу: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/77939b32-81c9-4536-ba04-894dd28b33bb/content>.

19. Effects of argon-based and nitrogen-based modified atmosphere packaging technology on the quality of pomegranate. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/2/370>.

20. Development of automated systems for the implementation of food processing. URL: <https://www.researchgate.net/publication/357732780>.

21. Your in-depth guide to modified atmosphere packaging. URL: <https://www.shopairproducts.co.uk/pdf/MAP-handbook.pdf>.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						49
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		