

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І. С. Тупого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

Сергій БЛАЖЕНКО

(ім'я та прізвище)

« 15 » 02 2023р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

Мерік Володимир БУДІВНИК-ВОЛОДИМІР

(ім'я та прізвище)

« 15 » 02 2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131 Трикладна механіка
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Трикладна механіка

на тему: Заходи підготовки терміну зберігання харчових продуктів у граєсах пакувальних

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ПМ-2-1М

Чудіковий Микола Петрович (підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник Васильківський Віктор Вікторович (підпис)

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Консультанти _____ (підпис)

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

(ім'я та прізвище)

Рецензент Юрій ВЕРЕСОЦЬКИЙ (підпис)

(ім'я та прізвище)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____ (підпис)

Київ - 2023р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І. С. Тупого
Кафедра мехатроніки та напівпровідникової техніки
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Прикладна механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М. П. Т.

Микола Кривовопляс-Володін
« 07 » 11 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

- Тудішовий Микола Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Заходи подовження терміну зберігання харчових продуктів у процесі пакування
- керівник роботи Василівський Костянтин Вікторович к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від « 07 » 11 2022 року № 794-ке
2. Строк подання здобувачем роботи 24.01.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи 1. Вид обладнання - для обробки харчових продуктів з метою подовження терміну зберігання. 2. Вид досліджень - аналітичне та експериментальне.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Аналіз літературних джерел які стосуються технологій зберігання харчової продукції. Розділ 2. Комбіновані властивості середовищ в технологіях довготривалої зберігання харчової продукції. Розділ 3. Експериментальні дослідження. Висновки. Список використаної літератури.
5. Перелік графічного матеріалу Аректмаціл ка 15 аркушах.

Зміст

Реферат	4
Вступ.....	8
<u>Розділ 1</u>	
Аналіз літературних джерел, які стосуються технологій зберігання харчової продукції.....	
12	
1.1. Загальна класифікація способів оброблення харчової продукції для підвищення терміну їх зберігання.....	12
1.2.Теплова стерилізація та пастеризація.....	15
1.3.Використання низьких температур в технологіях обробки харчових продуктів.....	17
1.4.Хімічні методи обробки.....	21
1.5.Обробка продукції високим тиском.....	25
1.6.Методи пакування, що реалізують технології тривалого зберігання продукції.....	27
<u>Розділ 2</u>	
Колігативні властивості середовищ в технологіях довгострокового зберігання харчової продукції.....	
33	
2.1. Активність води.....	33
2.2. Осмотичні тиски температури замерзання та кипіння розчинів	47
<u>Розділ 3</u>	
Експериментальні дослідження.....	
56	
3.1. Умови проведення експериментальних досліджень..	56
3.2. Обробка дослідних даних.....	60
Висновки.....	66
Список використаної літератури.....	68

Реферат

Актуальність теми: Розв'язання задач забезпечення довготривалого зберігання продукції має принципове значення у житті людського суспільства і супроводжує весь час його існування. Важливим відлагуванням цих технологій є зберігання фасованої продукції.

Продукти харчування втрачають свої властивості внаслідок фізичних, хімічних і біологічних процесів, що постійно відбуваються в них. Для протидії таким змінам і стабілізації харчових і енергетичних показників продукції використовують пастеризацію, стерилізацію, висушування, заморожування, обробку в електромагнітних полях, витримку в МГС, умовах вакууму. Останнім часом широко зростає використання хімічних методів обробки, що є небажаним. Обмеження, а краще і повна відмова від консервантів мають за альтернативу використання теплових або інших фізичних методів обробки. До числа перспективних методів можна віднести вакуумування харчових середовищ чи продуктів.

Мета роботи: Метою і завданням дослідження в даній магістерській роботі є розроблення таких технологій обробки харчових продуктів для стабілізації їх смакових, якісних і енергетичних показників в умовах довготермінового зберігання на основі їх колігативних властивостей.

Зміст роботи: У теоретично-методологічному розділі роботи виконано літературний огляд та аналіз джерел по сучасним технологіям довгострокового зберігання харчової продукції із зазначенням основних переваг та недоліків; виконано аналіз інформації щодо колігативних властивостей середовищ, їх використання у технологіях подовженого зберігання продукції.

У розділі експериментальних досліджень виконано опис проведених досліджень щодо впливу вакуумування на мікробіологічне середовище. На основі багатофакторного експерименту одержано математичні моделі щодо летальних впливів на дріжджові клітини в технологіях вакуумування. Дослідження показали, що на рівень летальних ефектів впливають такі показники, як початкова температура оброблюваного середовища, час витримки середовища у вакуумній камері, концентрація

сухих речовин (осмотичний тиск). За сукупності максимальних значень факторів впливу рівень летальних ефектів досягає 85,7%.

Ключові слова: вакуумування, колігативні властивості, пакування, активність води, газонасиченість.

Abstract

Actuality of theme: Decision of problems related protracted an of principle value has storages products in life of humanity which flusters him all time existences. The important branch of these technologies is storage of the packaged products.

Food stuffs in course of time lose the properties because physical, chemical and biological processes, constantly what be going on in them. Hindering such changes and for stabilizing of food and power indexes of products use pasteurization, sterilization, drying, freezing, treatment in the elektromagnitnykh fields, self-control in MGS, terms vacuum et cetera Lately widely ispol'zuyut'sya chemical methods treatments which yavlyayut'sya undesirable. Limitation and better and the complete waiver of konservantov has an alternative in the use thermal or other physical methods of treatment. To the number perspective methods it is possible to take vacuumizings of food products.

Purpose of work: A purpose and task of researches in this master's degree work is development of such technologies of treatment of food products for stabilizing of their taste, high-quality and power indexes in the conditions of long-term storage on the basis of their koligativnykh properties.

Table of contents of work: In a theoretical-methodological section works are executed literary review and analysis of sources on modern technologies of the protracted storage of food products with pointing of basic advantages and failings; the analysis of information is executed about koligativnykh properties of environments, their application in technologies of the protracted storage of products.

In the section of experimental researches description of pro-vedennykh researches is executed after influence of vacuumizing on a microbiological environment. On the basis of multivariable experiment the mathematical models of the lethal affecting are got zymic cages in technologies of vacuumizing. Researches rotined that such indexes influence on the level of lethal effects, as a settemperature of the processed environment, time of self-control of environment, is in a vacuum chamber, concentration of dry matters

(osmolality). At the aggregate of maximal values of factors of influence the level of lethal effects arrives at 85,7%.

Key words: vacuuming, colligative properties, packing, water activity, gas saturation.

Вступ

Раціональне та збалансоване харчування, споживання якісних і безпечних продуктів гарантують людині здоров'я, працездатність та довголіття. Сучасний підхід до цього передбачає впровадження на підприємствах, що виробляють і реалізують продукти харчування, якісну обробку сировини з точки зору подовження термінів зберігання та збереження цінних для людини речовин, сучасні системи керування безпечністю харчової продукції, використання машин та апаратів нового покоління тощо. Створення сучасних машин і нових ліній для обробки та пакування харчової продукції повинно базуватись із врахуванням фізико-хімічних властивостей сировини та продукції.

Науковці та спеціалісти харчової промисловості виділяють наступні актуальні на сьогоднішній день теми з цього питання: безпечність, здоров'я, якість, сучасне пакування та обробку, зберігання харчової продукції. Забезпечення якісного та безпечного харчування є основною проблемою, яка стоїть перед спеціалістами харчової галузі. Особливо важливим спрямуванням можна вважати запобігання розвитку патогенної мікрофлори.

На сьогоднішній день більшість харчових виробництв відносяться до мікробіологічних (хлібопекарська, молочна, виноробна, пивоварна тощо). Мікроорганізми є невід'ємною складовою технологічних процесів, параметри яких призначають із урахуванням оптимальних або наближених щодо оптимальних факторів їх життєдіяльності. Такі фактори можуть суттєво обмежувати показники технологій і, власне, визначають граничні можливості останніх та якісні і кількісні показники продукції.

Для надійного захисту харчової продукції від патогенної мікрофлори потрібно змінити їх властивості або створити потрібні умови зберігання із метою її знешкодження. Реалізація цих запитів базується на знаннях, які стосуються різновидів мікрофлори та їх властивостей, шля-

хів потрапляння до продукції, впровадження спеціальних умов пакування, обробку тари та упаковки, методів інактивації та знешкодження, особливостей дії консервантів, методів фізичних впливів, особливостей перебігу теплової обробки.

У даній роботі розглядаються методи обробки харчової продукції з точки зору впливу їх на мікроорганізми. На сьогоднішній день використовують біохімічну, хімічну, фізичну обробку сировини, заходи щодо мікрофлори, які при цьому використовуються, поділяють на три групи, що ґрунтуються на принципах біозу, анабіозу чи абіозу. Проте, найбільш ефективною та широко вживаною залишається саме тепла обробка (пастеризація чи стерилізація), яка ґрунтується на принципі анабіозу та абіозу. Але при її застосуванні змінюються смакові властивості, руйнується значна кількість вітамінів та ін., через що тепла обробка має обмежуватися, із одного боку, мінімальними змінами в якості продукції, а з другого – максимально знешкоджувати сторонню мікрофлору.

Широке використання методів теплової обробки фасованої продукції з метою пастеризації чи стерилізації поставило задачу використання упаковок зі збільшеною питомою поверхнею, тобто поверхнею, віднесеною до об'єму тари (упаковки). Очевидно, що в інтересах прискорення стадій нагрівання та охолодження упаковок бажано мати збільшену питому поверхню теплопередачі. З цієї точки зору, значення мають не тільки форма, а також об'єм упаковки.

Очевидно, що із зростанням об'ємів упаковок зростає і час нагрівання та охолодження продукції. Підвищення швидкості цих перехідних процесів має вирішальне значення, тим більше, що воно важливе не тільки з точки зору продуктивності технологічного обладнання, а і з точки зору якісних показників харчової продукції.

Хімічні засоби досягнення асептичних станів продукції в основному зводяться до використання консервантів, як природного похо-

дження, так і синтетичних. Головним недоліком останніх є значна невідповідність екологічним вимогам. Особливо це стосується продуктів і напоїв для дитячого харчування.

В останні роки більшу актуальність набуває обробка продуктів харчування тиском, що обумовлено екологічною чистотою і малою енергоємністю даного методу. Перспективність цього способу обробки обумовлена тим, що при підвищенні тиску досягається асептичний ефект, а також, значною мірою, прискорюються процеси, що ведуть до утворення якісно нових продуктів зі збереженням всіх поживних властивостей. Вакуумування середовищ уповільнює, а також, за певних умов припиняє масообмін по газовій фазі у системі “мікробіологічна клітина – середовище” із досягненням бактеріостатичних ефектів.

Значна кількість харчових продуктів відноситься до розчинів, тому доцільним є використання їх властивостей для досягнення бажаних результатів у технологіях зберігання продукції. У магістерській роботі будуть розглядатись властивості розчинів, які залежать тільки від концентрації тобто колігативні: осмотичний тиск, температури замерзання та кипіння розчинів, активність води. Ці поняття тісно зв'язані між собою і мають важливе значення для харчової промисловості. Так, наприклад, за допомогою певних значень осмотичних тисків можуть досягатись бактеріостатичні ефекти, а за допомогою другого показника – «активності води» можна прогнозувати здатність продукції до зберігання та визначити оптимальні умови для цього.

Головною метою даної магістерської роботи є дослідження певних фізичних ефектів на основі колігативних властивостей харчових середовищ з метою використання у технологіях подовженого зберігання харчової продукції. Дані, що стосуються колігативних властивостей розчинів та життєдіяльності мікроорганізмів, свідчать про існування певних взаємозв'язків між ними. Процеси хімічних та біохімічних перетворень, що відбуваються у виробництві харчових продуктів і під час їх

зберігання, супроводжуються зменшенням молекулярної маси складових речовин, призводять до підвищення осмотичного тиску розчинів та обмеження життєдіяльності мікроорганізмів навіть до рівня бактеріостатичних ефектів. У зв'язку із цим, корисним є вибір напрямів біохімічних і мікробіологічних технологій, згідно з якими процеси організують (хоча б на завершальних стадіях) у фасованій і герметизованій тарі (виробництво кисломолочних продуктів, квасу, пива тощо). При цьому таропакувальні матеріали із геометрію упаковок вибирають з урахуванням біохімічних змін, що відбуваються в продукції.

РОЗДІЛ 1. Аналіз літературних джерел, що стосуються технологій зберігання харчової продукції.

1.1. Загальна класифікація способів обробки харчової продукції для підвищення терміну зберігання

Харчове виробництво будується на використанні різних видів мікроорганізмів або забезпеченні відповідної мікробіологічної чистоти по всьому циклу. У деяких випадках культури мікроорганізмів основного виробництва супроводжують готову продукцію, проте переважна її більшість має бути мікробіологічно чистою. Боротьба з бактеріальним забрудненням повинна вестися за такими напрямками:

- 1) забезпечення непроникнення мікробів: із сировини, включаючи воду; з повітря; з готових продуктів як у процесі їх одержання, так і під час довгострокового зберігання на складах; від службового персоналу;
- 2) попередження розмноження мікроорганізмів шляхом; проектування і спорудження виробничих будівель, конструкція яких запобігала б перехресному інфікуванню та утворенню в приміщеннях закритих зон; створення і застосування обладнання, яке б давало можливість підтримувати гігієнічні норми; контролювання умов зберігання і руху на всіх стадіях від одержання сировини до реалізації готової продукції; правильного вибору методів виробництва і умов технологічних процесів;
- 3) застосування відповідних методів очищення під час: попереднього обробітку деяких видів сировини, в тому числі повітря і води; експлуатації обладнання і виробничих приміщень;
- 4) пастеризування і стерилізування з використанням специфічних методів обробки (фільтрація, високотемпературна обробка, хімічні агенти, фізичні способи тощо) з метою часткового або повного знешкодження сторонньої мікрофлори;

5) фарбування фунгіцидними фарбами робочих поверхонь для упередження загрози грибкового росту за умови, що ці фарби мають низьку токсичність щодо людини на випадок забруднення ними продукції.

З точки зору інтересів виробника і одночасно споживача продукції харч виробництв методи стабілізації останньої повинні відповідати наступним умовам:

- Гарантований на 100% вказаний термін зберігання ;
- Мінімальні зміни в якісних характеристиках продукції;
- Мінімальні втрати вітамінних комплексів і показників біологічної цінності;
- Відсутність післядії методів обробки на організм споживача продукції або хоча б обмеження показників післядії рамками діючих стандартів;
- Мінімізовані енергетичні витрати;
- Мінімізовані економічні витрати;
- Орієнтація на можливість використання діючого обладнання.

Існує велика кількість способів обробки сировини або готової продукції, проте найпоширенішою є теплова обробка. Сучасні виробництва соків, напоїв, паст, пива, овочевих, м'ясних і рибних консервів тощо зорієнтовані на використання саме пастеризування або стерилізування. Але під час теплової обробки руйнується значна кількість вітамінів, змінюються смакові властивості, втрачаються леткі речовини та ін., через що теплова обробка має обмежуватися, з одного боку, мінімальними змінами в якості продукції, а з другого - максимально знешкоджувати сторонню мікрофлору,

Методи фізико-хімічної обробки сировини, напівфабрикатів і готової продукції спрямовані на досягнення певних змін в об'єктах обробки, забезпечення певних якостей або подовження терміну зберігання. Вибір тих чи інших методів обробки зв'язаний передусім з урахуванням

особливостей продукції, в тому числі її біологічних особливостей. Харчові продукти можна зберігати протягом тривалого часу, впливаючи на них різними факторами:

- фізичними - використання високих і низьких температур, мікрохвильової енергії, іонізуючого опромінення, ультрафіолетової радіації, знепліднювального фільтрування, зневоднення;
- хімічними - використання антисептиків і антибіотиків, додавання оцтової кислоти і спирту;
- фізико-хімічними - використання осмотично діючих речовин цукру, солі у великих концентраціях;
- біохімічними - квашення, засіл, мочення, спиртове бродіння.

Оскільки сировина, напівфабрикати і готова продукція харчових виробництв є живильним середовищем для мікроорганізмів, то для запобігання їх псуванню потрібно створити такі умови, щоб мікроорганізми були знешкоджені або не могли розвиватись, а ферменти, що регулюють біохімічні процеси, були інактивовані. Засоби, які при цьому можуть використовуватись, умовно поділяють на три основні групи, що ґрунтуються на принципах:

- біозу, тобто на підтриманні життєвих процесів у сировині і використанні її природного імунітету;
- анабіозу, тобто на уповільненні, пригніченні життєдіяльності за допомогою різних фізичних, хімічних і біохімічних факторів. При цьому мікроорганізми завжди приводяться в анабіозний стан. Життєві ж процеси в сировині і напівфабрикатах, як правило, зовсім припиняються;
- абіозу, тобто на відсутності всіх життєвих процесів як для мікроорганізмів, так і для середовища.

Незважаючи на таку класифікацію, жоден із зазначених принципів не використовується на практиці в чистому вигляді. Частіше реалізу-

ються методи, що ґрунтуються на змішаних принципах. Проте щоразу можна спостерігати певну перевагу тих чи інших методів, що і визначає право використання цієї класифікації.

1.2.Теплова стерилізація та пастеризація

Стерилізація та пастеризація відносяться до методів анабіозу та абіозу. Впливи високих температур на мікроорганізми, що перевищують максимальні, діють на них згубно. Високі температури, що спричиняють загибель клітин, називаються летальними. Стійкість мікроорганізмів щодо високих температур залежить від середовища, виду та фізіологічного стану клітин. У водному середовищі термочутливі безспорові бактерії, дріжджі, мікроміцети, вегетативні клітини споротвірних бактерій гинуть при нагріванні до 60 °С протягом 1 години, до 70 – 15 - 30 °С, до 80 - 100 °С - протягом кількох хвилин і навіть секунд. У повітряному середовищі їх загибель настає за 170 °С через 1-2 години. Спори бактерій витримують кип'ятіння від кількох хвилин до 2-6 годин, а температуру 120-130 °С - протягом 20 хвилин. Дріжджові та грибні спори гинуть при нагріванні до 65-80 °С.

Загибель мікробних клітин під дією високої температури настає в результаті незворотних змін у протоплазмі, білки якої коагулюють, що спричиняє розрив цитоплазмової оболонки. Інактивуються під час теплової обробки і ферменти, які зберігаються в продукції до початку стерилізації. Таким чином, збудники псування, що містяться в середині тари, під час теплової обробки знешкоджуються, а нові ззовні не мають доступу. На базі теплової стерилізації спеціалізується ціла галузь харчової промисловості - консервна. Використовується цей метод і в технології обробки м'яса і м'ясопродуктів, молока, риби, виноробстві, пивоварінні тощо.

Теплова обробка спричиняє певні зміни у самому продукті. Але якщо знайти оптимальні режими стерилізації, то хімічні зміни в хар-

чових продуктах будуть мінімальними, природні властивості сировини змінюватимуться якнайменше.

Методами термічної інактивації мікроорганізмів у різних продуктах є пастеризація і стерилізація.

Пастеризація - це нагрівання продукту до температури 63-90 °С. Під час пастеризації гине значна кількість живих клітин мікроорганізмів, але залишаються спори і термостійкі бактерії. Тривалість пастеризації залежить від виду продукту, його об'єму, вибраної температури і становить 30-40 хвилин. За температури 90-100 °С пастеризація може бути короткочасною (кілька секунд). Пастеризують молоко, пиво, фруктові соки тощо.

Стерилізація (знепліднення) - це повне знешкодження живих вегетативних клітин і спор мікроорганізмів. Її використовують для обробки живильних середовищ, різних продуктів, посуду, тари, інструментів, обладнання, комунікацій. Поширений режим стерилізації за температури 120 °С - протягом 20 хвилин.

Стерилізація і пастеризація готової продукції є завершальними технологічними операціями. Вони можуть виконуватись у так званому потоці перед операцією фасування продукції або вже після фасування і закривання банок, пляшок тощо. Вибір тієї чи іншої схеми має враховувати особливості продукції, температурні режими і час обробки, енергетичні витрати, наявність обладнання, економічні показники та ін. Важливою характеристикою є склад мікрофлори продукції та її концентрація, що і визначає параметри проведення процесу теплової обробки. Відомо, що кожна форма мікроорганізмів має цілком визначений температурний діапазон, у межах якого вона може виживати і розмножуватись.

Після досягнення «летальної реакції» навіть незначне збільшення температури викликає швидке нарощування її згубної дії на мікроорганізми. Ця величина в середньому близька до 50 °С для вегетативних форм і до 100 °С для бактеріальних спор за середнього рівня вологості.

Мікроби дуже чутливі до активної кислотності середовища, причому більшість з них пригнічується, але добре діє в малоокислотних продуктах.

У кислому середовищі мікроорганізми не тільки погано розвиваються, але й погано переносять дію високих температур, швидко гинуть під час нагрівання. І навпаки, в малоокислих продуктах мікроби є термостійкими, часто переносять багатогодинне кип'ятіння.

1.3. Використання низьких температур в технологіях обробки харчових продуктів

Розглянемо холодильне зберігання сировини і харчової продукції як таке, за якого принцип анабіозу використовується в найбільш чистому вигляді. Розрізняють три основні способи зберігання за низьких температур:

зберігання в охолодженому стані, за якого температура підтримується на рівні, близькому до точки замерзання продукту. В цьому разі вся або більша частина початкової вологи залишається в продукті. Зазначимо, що розчинені в клітинній цитоплазмі речовини знижують точку замерзання нижче 0 °С;

глибоке заморожування, за якого основна частина початкової вологи перетворюється на лід;

змішані методи, за яких низька температура використовується в поєднанні з іншими способами, наприклад з використанням діоксиду вуглецю для припинення дихання бактеріальних клітин.

Якщо розглядати лише низьку температуру, то її вплив на біологічні системи проявляється так:

- а) швидкості процесів обміну і поділу клітин зменшуються;
- б) швидкості хімічних реакцій також зменшуються, в тому числі і реакцій, що каталізуються ферментними системами;

в) збільшення в'язкості цитоплазми обмежує рух речовин, що реагують;

г) якщо утворюється лід, концентрація речовин, розчинених у залишковій рідинній фазі, зростає, і вони зрештою можуть викристалізовуватись.

Сполучення цих факторів може призвести до значних порушень метаболічних процесів у живих тканинах і мікроорганізмах і в результаті до втрати життєдіяльності. Так само вони можуть викликати значні зміни в неживих тканинах харчових виробів.

Зберігаючи продукти при низьких температурах, слід мати на увазі одну важливу обставину: при температурі нижче критичної всі метаболічні процеси гальмуються. Проте навіть за цих низьких швидкостей реакції, викликані мікроорганізмами, можуть відігравати важливу роль, якщо вони тривають протягом кількох місяців зберігання продукту. На практиці загальна кількість мікроорганізмів поволі зменшується протягом кількох місяців, з цієї причини заморожування не може замінити стерилізацію.

Більшість харчових продуктів, що зберігається замороженими, має у своєму складі водну фазу з порівняно низькою концентрацією розчинених речовин. Ці речовини зазвичай являють собою суміш глобулярних білків, неорганічних солей і різних органічних сполук, наприклад цукрів і нуклеотидів, що є живильними компонентами для мікроорганізмів. В результаті охолодження нижче точки замерзання відбувається викристалізування льоду, концентрація розчину збільшується і це може викликати пригнічувальну дію на мікробні клітини порушенням їх метаболізму або зниженням вмісту активності води нижче рівня, за якого можлива їх життєдіяльність.

Так, наприклад, з метою гальмування розвитку мікроорганізмів, ферментних і фізико-хімічних процесів при охолодженні молочної сировини та молочних продуктів температуру знижують до 2-10 ° С і

зберігають при цій температурі до переробки. У залежності від кінцевої температури охолодження в продуктах більшою чи меншою мірою можуть протікати фізико-хімічні процеси, зумовлені дією ферментів і мікробіологічними процесами. Ефект впливу низьких температур на мікробну клітину заснований на порушенні складному взаємозв'язку метаболічних реакцій та пошкодженні механізму перенесення розчинних речовин через клітинну мембрану(осмос). Деякі групи мікроорганізмів (псіхрофіли) здатні досить швидко розмножуватися при температурі 0-5 ° С. Таким чином, охолодження продуктів до низьких температур не виключає можливості його мікробіологічної псування, так як збудниками псування білкововмісних продуктів є переважно гнильні бактерії.

При відведенні теплоти сповільнюється теплове молекулярний рух і змінюється стан компонентів молока, перш за все переважним числом гідрофобних зв'язків має казеїн. При температурі близько 60 ° С міцність гідрофобних зв'язків найвища. У міру зниження температури сила гідрофобних зв'язків слабшає, агрегати розпадаються на більш дрібні освіти. Дезагрегації оборотна, але тільки частково, причому зворотний процес протікає з меншою швидкістю. Тому після зберігання молока тривалий час при температурі 2-6 ° С здатність його до згортання си-чужним ферментом помітно погіршується. Отриманий згусток характеризується здатністю до синерезису і меншою міцністю. Нестійкість гідрофобних зв'язків призводить до посилення активності ферментів, в першу чергу ксантинооксидази та каталази, пов'язаних з казеїном і білковими компонентами жирових кульок в оболонці.

При охолодженні молочної сировини відбуваються часткове ту-жавіння і кристалізація молочного жиру в жирових кульках, що і приз-водить до ослаблення зв'язків в оболонках, так як гліцеридний шар втра-чає еластичність і стає більш вразливим механічних впли-

вів. Охолодження і зберігання охолодженого молочної сировини призводить до руйнування вітамінів. Наприклад, вітамін С руйнується на 18% при зберіганні охолодженого молока 2 діб і на 67% при зберіганні охолодженого молока 3 діб.

Заморожування молочної сировини та молочних продуктів.

При заморожуванні відбуваються більш помітні фізико-хімічні і біохімічні зміни, ніж при охолодженні, причому їх глибина залежить від швидкості заморожування і температури зберігання заморожених продуктів. Зміни зумовлені процесами кристалізації води, перерозподілом вологи між структурними утвореннями компонентів молока, підвищенням концентрації розчинених у рідкій фазі речовин.

Волога, що міститься в молоці, обумовлює консистенцію і структуру продукту, визначаючи його стійкість при зберіганні. Зв'язана волога має відмінні від вільної вологи властивості. Вона замерзає при більш низьких температурах, має меншу здатність розчинення, меншою теплоємністю, підвищеною щільністю. Кількість зв'язаної вологи крім його фізико-хімічних властивостей визначається його дисперсністю. Зі збільшенням дисперсності продукту збільшується кількість зв'язаної вологи.

При повільному заморожуванні (-10°C) з утворенням великих кристалів поза клітинами змінюється початкове співвідношення обсягів міжклітинної і внутрішньоклітинного простору за рахунок перерозподілу вологи і фазового переходу води. Швидке заморожування (-22°C) запобігає значне дифузійне перерозподіл вологи та розчинених речовин і сприяє утворенню дрібних, рівномірно розподілених кристалів льоду. Найбільш дрібні кристали утворюються в поверхневих шарах продукту.

При заморожуванні води утворюються кристали різної форми, що мають гострі вершини і крайки, внаслідок чого вони можуть негативно впливати на грубодисперсні складові частини. Максимальне кристаллоо-

бразовання відбувається при температурі від -2 до -8 ° C, тому, щоб запобігти утворенню великих кристалів льоду при заморожуванні, необхідно забезпечити швидке зниження температур в цьому інтервалі. Крім того, в цьому інтервалі температур підвищується вміст у невимороженої волозі розчинених речовин, збільшується швидкість деяких реакцій, вивільняються ферменти і окислюються ліпіди. При повільному заморожуванні невимороженої залишається близько 4% вільної і 3,5% зв'язаної вологи. У вільній волозі підвищена концентрація білків, мінеральних солей і лактози. Це призводить до агрегації і дезагрегації казеїнових міцел і втрати ними стабільності. Цьому сприяє кристалізація лактози при охолодженні і сильному перемішуванні молока перед заморожуванням.

При повільному заморожуванні відбувається часткова або повна денатурація білків. Такі зміни білків призводять до зниження здатності згущуватися під дією сичужного ферменту. При повільному заморожуванні молочну сировину розшаровується. Заморожування супроводжується зменшенням кількості та активності мікроорганізмів без їх повного знищення. Через зміну стану белково-ліпідних комплексів і механічного руйнування мікробної клітини кристалами льоду можливі пошкодження мембранних структур клітини. Найбільш високий ступінь загибелі мікроорганізмів доводиться при температурах -10 ... -12 °C. Зберігання при таких температурах дозволяє зберегти продукти без мікробіологічної псування.

1.4. Хімічні методи обробки

До анабіозного методу обробки харчової продукції також відносять хімічні методи консервування, які ґрунтуються на властивостях деяких речовин пригнічувати розвиток мікроорганізмів чи зовсім знищувати їх. Такі речовини повинні бути нешкідливими для людини або легко видалятися з продукту перед вживанням, не додавати невластивих йому запаху та смаку та не знижувати харчових якостей продукту.

Хімічними консервантами є антисептики, антиоксиданти і речовини, що підвищують у розчині осмотичний тиск (сіль, цукор).

Антиоксиданти захищають харчові продукти від прогіркання жирів, зміни кольору (потемніння), ферментативного окислення напоїв (вина, пива, безалкогольної продукції). Як і консервуючі речовини, їх застосовуються для збільшення термінів зберігання харчових, головним чином жировмісних продуктів. В основі їх дії лежить інгібування реакцій окислення харчових компонентів. Окислення відбувається під впливом кисню повітря, світла, температури, технологічних факторів виробництва. У першу чергу окислюються ліпіди та їх сполуки, вітаміни та інші біологічно важливі компоненти, що знижують харчову цінність продукту. Кінцеві продукти окислення негативно впливають на органолептичні властивості і можуть бути токсичні для людини.

Для запобігання окислювального псування використовують антиоксиданти, які діляться на дві групи - натуральні і синтетичні.

Внесення цукру та солі підвищує осмотичний тиск, що сповільнює життєдіяльність мікроорганізмів. Під час виготовлення джемів, повидла, варення на 1 кг плодів та ягід додають у середньому 1 кг цукру. В подальшому під час варіння частину вологи випаровують з тим, щоб концентрація цукру в продукті становила 60-65 %, за якої мікроби не розмножуються.

Виявлено випадки псування напоїв осмофільними дріжджами *Saccharomyces bisporum*, *Saccharomyces boilui*, *Saccharomyces rouxii*.

Осмофільні дріжджі ростуть на субстратах з високим вмістом цукру (цукрові сиропи, концентровані соки) і здатні повільно їх зброджувати. За швидкого використання сиропів, соків дріжджі не завдають їм шкоди. Та, потрапивши до напою, вони здатні розвиватися в них, але повільніше, ніж звичайні (неосмофільні). Це пояснюється тим, що осмофільні дріжджі мають, як правило, невелику кислотостійкість та слабо зростають за низьких значень рН. Температурний оптимум осмофільних дріжджів вищий, ніж неосмофільних, вони переносять

більш високі температури. Крім того, вони менш чутливі до дії консервантів.

Сіль у великих концентраціях залежно від навколишніх умов здатна затримувати мікробне псування продукції протягом певного певного проміжку часу(напр. м`ясопродукти). Це пояснюється чутливістю найбільш активних гнильних бактерій до її дії. Достатньо концентрації 10-15% для затримання розвитку переважної більшості гнильних мікробів. Навпаки, невеликі концентрації солі - менше 5% - сприяють розвитку мікроорганізмів.

Проте навіть насичений розчин солі не забезпечує стерилізацію повну стерилізацію. Частина мікроорганізмів може існувати і рости у насичених розсолах, а деякі навіть спричиняють псування солоних продуктів. Багато які організми швидко звикають до солі. Тому, з часом загальна кількість мікроорганізмів збільшується як у продуктах, так і у розсолах. Інтенсивність розвитку залежить від концентрації солі і білкових речовин у розсолі, вона змінюється у результаті обмінної дифузії між розсолом і продуктом і збільшується у міру зменшення концентрації солі та збільшення концентрації білкових речовин у розсолі.

Характер впливу солі на мікроорганізми свідчить про те, що він не має бактерицидної дії. Його дія обмежується головним чином пригніченням розвитку більшості мікроорганізмів. Такий вплив спричинений частково високим осмотичним тиском у його розчинах, який спричиняє більше чи менше зневоднювання клітин мікроорганізмів, зміну їх розмірів і форми та порушення водного обміну. Неоднаковий вплив осмотичного тиску розчинів солі на різні мікроорганізми значною мірою пояснюється різницею у рівні обміну речовин цих мікроорганізмів. Найбільш витривалим до дії солі є плісені, грампозитивні коки; менш витривалі бацили, найбільш чутливі грамнегативні палички, які не утворюють спор. До числа останніх належить більшість гнильних

аеробів. Чутливість до дії солі виявляють також і багато які гнильні анаероби.

Таким чином, сіль не знешкоджує продукт, не припиняє розвиток деяких патогенних бактерій, здатних спричинити псування продукту. Тому, під час тривалого зберігання продукції консервування сіллю повинно бути доповнене якимось іншим способом забезпечення продукту від псування (низьким температурами, частковим зневодненням, обробкою антисептиками тощо).

Консервування за участі цукру широко використовується в плодово - ягідному виробництві. Так фруктові консерви виготовляють шляхом уварювання плодів та ягід із цукром до концентрації сухих речовин 57-70%. При вмісту цукру 65% (сухих речовин 70%) концентрована фруктова продукція може зберігатись без стерилізації достатньо довго, не піддаючись мікробіологічному псуванню. Причиною цього є високий осмотичний тиск концентрованого цукрового розчину та його вологовбираючим властивостям. В умовах високого осмотичного тиску клітини мікроорганізмів зневоднюються, піддаються плазмолізу та втрачають здатність до розвитку та розмноження. Тому продукти з високим вмістом цукру не псуються під час зберігання в результаті повторного зараження мікроорганізмами, які потрапили ззовні.

При вмісту цукру нижче 65% , а також під час зберігання в умовах сприятливих розвитку для мікроорганізмів - висока вологість, температура вища 25°C, погані санітарні умови тощо, концентровані фруктові консерви можуть заражуватись плісеню, піддаватись бродінню та ін. видам псування. Тому фруктові консерви з вмістом сухих речовин менше 70% стерилізують або добавляють до них антисептик - сорбінову кислоту, а більш концентровані зберігають при температурі нижче 25°C та вологості повітря не більше 75% в щільно закритій тарі.

1.5. Обробка продукції високим тиском

Споживач ХХІ століття бажає купувати харчові продукти високої якості, без добавок і консервантів, свіжі, безпечні в мікробіологічному відношенні і з тривалим терміном зберігання. Технологія, що дозволяє отримати подібні продукти - обробка високим тиском. Для знищення мікроорганізмів в їжі при кімнатній температурі використовується тиск до 900 МПа (9000 атмосфер).

При обробці тиском знищуються багато патогенних мікроорганізмів, що продовжує термін придатності продуктів, в той час як колір, смак і вміст вітамінів у них не змінюються. Так як знищуються не всі мікроорганізми, продукти повинні зберігатися в холодильнику, а максимальний термін їх придатності становить 30 днів. Продукти, оброблені тиском, в даний час продаються у Франції, Великобританії, Іспанії. На сьогоднішній день центром розробки даної методики є США.

На сприйнятливість мікроорганізмів до високого тиску впливають багато чинників, і, перш за все, це вид мікроорганізму, форма (вегетативна або спори), фаза розподілу і субстрат (харчовий продукт), на якому вони знаходяться.

Згубний ефект високого тиску на вегетативні форми мікроорганізмів обумовлений руйнуванням клітинних мембран і інактивацією ключових ферментів, включаючи ферменти, які беруть участь у процесах реплікації ДНК та транскрипції. Вегетативні форми бактерій найбільш чутливі до дії високого тиску в експоненційної фазі росту і найбільш стійкі в стаціонарній фазі. Грам (+) бактерії, особливо коки, наприклад, *S.aureus*, більш стійкі в порівнянні з грам (-) паличками, наприклад, мікроорганізмами сімейства *Vibrio*. Проте, деякі штами *Escherichia coli* відносно стійкі до дії високого тиску, в той час як інші штами досить чутливі.

Непророслі бактеріальні спори надзвичайно стійкі до дії високого тиску і можуть виживати при тиску понад 1000 МПа при кімнатній тем-

пературі більше 1 години. Низький тиск (нижче 300 МПа) запускає процес проростання спор. Для боротьби зі спорами може бути використана двостадійна (циклічна) обробка тиском. Перший етап низького тиску ініціює проростання спор. Другий етап під високим тиском вбиває пророслі спори. Для повного знищення спор потрібно багато часу, що обмежує застосування даного методу. Перспективним методом промислової обробки продуктів є одночасне використання тепла і тиску. Первинна температура, використовувана при обробці продуктів, зазвичай досягає 90-100 ° С. При підвищенні тиску внаслідок адіабатного нагрівання температура продукту збільшується до 3-9 ° С на кожні 100 МПа, в залежності від продукту. При такій обробці смак і харчова цінність продуктів страждають менше, ніж при традиційному автоклавуванні.

Дріжджові гриби, вегетативні форми цвілевих грибів щодо чутливі, а аскоспори більш стійкі до дії тиску.

Склад продуктів харчування значно впливає на чутливість мікроорганізмів до тиску. Білки і вуглеводи можуть надавати захисну дію на бактерії і сприяти більш швидкому відновленню пошкоджених клітин.

Більшість мікроорганізмів більш чутливі до впливу високого тиску в кислому середовищі, і виживання пошкоджених тиском клітин нижче в кислому середовищі.

Високий тиск модифікує білки харчових продуктів, що дає передумову для розробки нових страв. Широке використання методу стримується високою вартістю обладнання, але більш високу якість продуктів при обробці тиском робить цей метод досить перспективним.

1.6. Методи пакування, що реалізують технології тривалого зберігання продукції

Для тривалого зберігання харчової продукції велике значення має упаковка. Під час транспортування, зберігання, виконання навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт, реалізації готової продукції упаковка захищає продукцію від фізико-хімічних і біологічних чинників, що призводять до псування. Захист продукції від псування під дією механічних і частково фізико-хімічних факторів здебільшого здійснюється за рахунок фізико-механічних характеристик пакувального матеріалу, упаковки і допоміжних пакувальних засобів або комплексу упаковок, а при дії мікроорганізмів – попередньою спеціальною обробкою продукції і спеціальними прийомами пакування.

В останні роки розвиваються такі ефективні методи зберігання продукції, як модифіковане і регульоване газове середовище. У цих процесах не тільки зменшується вміст кисню, а і вводиться в упаковку потрібна кількість азоту та діоксиду вуглецю. Пакування із застосуванням цих методів здійснюють за такими схемами:

- вакуумування упаковки із продукцією із заповнення її оптимальним складом газового середовища, після чого упаковку герметизують. Матеріал упаковки може мати задану газопроникність, бажано рівну нулю, тобто із застосуванням пакувальних матеріалів із бар'єрними шарами;
- процесий подібний першому, але упаковка мало проникна для газів(кисню, діоксиду вуглецю), практично герметична;
- вміст діоксиду вуглецю і кисню регулюються в оптимальних значеннях відповідними поглиначами і генераторами, що формують склад газів: застосування пакувальних матеріалів із селективною газопроникністю, що забезпечує оптимальний газообмін, який відповідає інтенсивності дихання свіжих овочів і фруктів.

Приклад машини для пакування в МГС:

Пакувальна машини Galaxy 700 MAP:

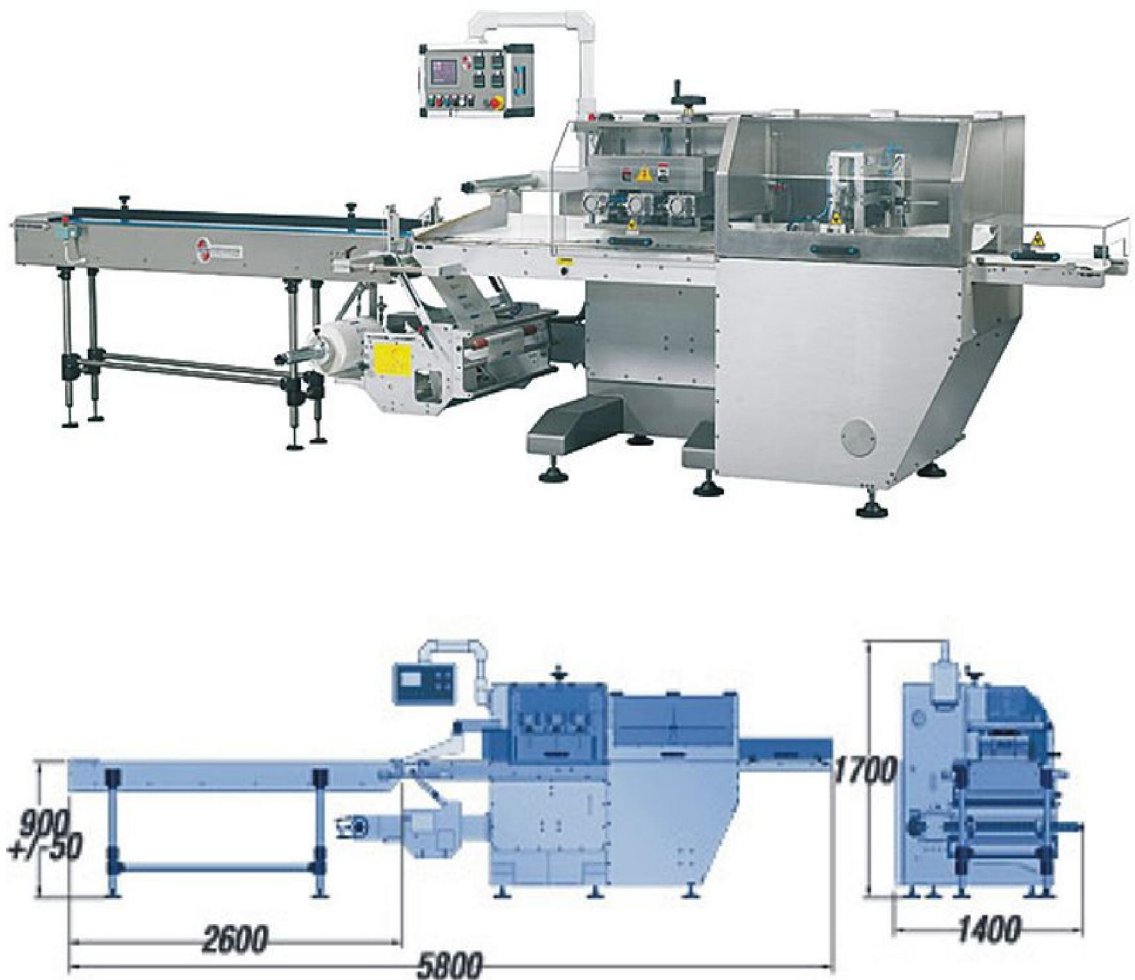


Рис. 1.1 Схема пакувальної машини **Galaxy 700 MAP**

- Система вприскування інертного газу (MAP);
- Нижня подача-розмотування плівки;
- Упаковка м'ясних виробів;
- Тип упаковки - плоский пакет;
- Розмір продукту - довжина до 500 мм;
- Продуктивність 30 - 35 упаковок в хвилину, залежить від можливостей оператора щодо завантаження продукту на конвеєр і довжини продукту;

- Пакувальні матеріали - термозварні матеріали, ламіновані плівки з бар'єрним ефектом товщиною від 25 мікрон;
- Завантаження ручне, на подаючий конвеєр.

Технічні характеристики Galaxy 700 MAP:

Загал. потужність	A min÷max	B min÷max	C min÷max	D min÷max	E min÷max	F min÷max	Вага
6 кВт	10÷330 мм	50÷600 мм	1÷120 мм	350 мм	700 мм	10÷330мм	1300кг

Найдосконалішою технологією пакування, з точки зору подовженого терміну зберігання пакованої продукції, є асептична.

Діапазон асептичного пакування не обмежується тільки рідкою продукцією, а охоплює в'язкі і пластичні, що містять тверді частинки, сипку і штучну продукцію.

На відміну від традиційної системи пакування, де стерилізація продукції здійснюється в упаковці, під час асептичного пакування окремо стерилізується тара, продукція, допоміжні пакувальні засоби, а потім фасування і герметизація здійснюється в стерильних умовах.

Для вибору відповідних термічних умов стабілізації, принципове значення має значення рН продукції. При рН більше 4,5 для одержання потрібної стійкості продукції, інколи навіть протягом кількох місяців, здійснюється стерилізація, де дія високих температур (вище 140 °С) обмежується тривалістю. До асептично пакованих продуктів належать, в першу чергу, молоко і напої на основі молока, низькокалорійні соки, а також супи.

Систему асептичного пакування можна характеризувати такими властивостями:

- стерилізація продукції здійснюється за рахунок термічної стабілізації, часто в рамках багатофазного процесу, що вима-

гає підігрівання , короточасну температурну обробку і охолодження;

- короточасна високотемпературна обробка продукції дає можливість зберегти споживчу властивість, смак, а також натуральну структуру і колір продукції;
- високий рівень обеззаражування пакувального матеріалу або упаковки при застосуванні перекису водня, в тому числі із багатократним підігріванням;
- герметизація упаковок у стерильній зоні із застосуванням надлишкового тиску стерильного повітря;

тривалий термін придатності продукції до споживання без збереження в холодильнику.

Відомою є роль кисню у функціонуванні живих організмів і у тому числі мікрофлори, що з'являється і функціонує в харчових середовищах або на їх поверхні. Негативною також є роль кисню як окисника жирів та олій, руйнівника вітамінів та фарбних речовин тощо. Обмеження проникнення O_2 в середину упаковки забезпечує суттєве подовження термінів зберігання продукції.

На сьогоднішній день широко використовується вакуумне пакування для усунення негативного впливу кисню, що є в повітрі, на продукцію. Вакуумному пакуванню підлягають різні за фізико-хімічними характеристиками продукти харчування. Дуже чутливими до дії кисню є білки м'яса, риби, птиці, сипкі продукти зазнають сильного окиснення через те, що в них велика площа продукції контактує з повітрям.

Для усунення шкідливої дії кисню на продукцію застосовують різні методи: видалення кисню; застосування захисних газів; заморожування продукції та ін.. Найдоступнішим є пакування у вакуумі, для цього використовують полімерні матеріали, комбіновані матеріали з високими бар'єрними властивостями до кисню. Для такого виду пакування, здебільшого, застосовують термоусаджувальні плівки, полімерні матеріали, з

яких виготовляють термоформовану тару і так звану skin упаковку, яка після термооброблення зберігає контури продукції за рахунок щільного облягання продукції, що пакується.

На сьогоднішній день найпоширенішим видом обладнання для здійснення вакуумного пакування є камерні вакуумні машини. Ці машини бувають двох видів: для пакування в плоскі пакети із термоусаджувальної і звичайної плівок; для пакування в об'ємні піддонники з покриттям плівкою зверху. Розглянемо приклад вакуумної машини:

Двухкамерний вакуумний пакувальник Henkelman Falcon 2-60



Рис. 1.2 Зовнішній вид машини Henkelman Falcon 2-60

- Подвійний зварювальний шов
- багатопрограмна цифрова система управління 3
10 незалежними змінними програмами
- Сенсорна панель
- Функція м'якого обтиску для усунення повітряного удару на ніжні продукти
- Машини комплектується вакуумним насосом BUSCH (Німеччина)
- Функція сушіння насоса для продовження терміну служби насоса
Функція стеження за часом заміни масла в насосі
- Електричні елементи розміщені по класу захисту IP 56
- Вакуумні пакувальники відповідають стандартам Ра-
ди Європи з гігієни і безпеки.

Технічні характеристики

Габарити машини	1060x880x1070 мм
Габарити камери	2x(450x680x235) мм
Довжина зварювальної планки	4x450 мм
Максимальний розмір упаковки	2x(450x580) мм
Вакуумний насос BUSCH	63 м3/год
Час вакумування до тах	15-40 сек
Продуктивність (пакеты 160x250)	720 шт./год
Напруга	380 В / 50 Гц
Потужність	2,4-3,5 кВт
Транспортуючі розміри	1030x1260x1320 мм
Вага	291 кг

РОЗДІЛ 2. Колігативні властивості середовищ в технологіях довгострокового зберігання харчової продукції.

2.1. Активність води

Життєдіяльність мікроорганізмів можлива тільки за наявності в середовищі або продукті певної кількості вільної і доступної для них вологи. Розвиток бактерій можливий за вологості 25-30 %. Міцеліальні гриби можуть розвиватися без рідкої вологи в продукті, але у вологій атмосфері, мінімум вологи для них в субстраті близько - 10-15 %, іноді навіть 6-7 %. Тому вони можуть рости на стінах вогких приміщень з поганою вентиляцією, у погано висушеному зерні, солоді, на поверхнях харчових продуктів.

Відношення мікроорганізмів до висушування різне. Споротвірні види чутливі до висушування: бактеріальні спори у висушеному стані можуть зберігатися десятки років. Сухі спори грибів не втрачають спроможності до проростання 2-3 роки. Сухі хлібопекарські дріжджі життєдіяльні близько року. Менш стійкі до зневоднення вегетативні клітини неспоротвірних бактерій, наприклад оцтовокислі, нітрифікувальні, деякі патогенні види, під час висушування гинуть, і навпаки, молочнокислі у вигляді сухих заквасок зберігаються місяцями. Висушування мікроорганізмів з метою їх консервування широко застосовується для одержання харчових і кормових дріжджів, засобів захисту рослин та інших мікробних препаратів. Мікроорганізми добре переносять висушування в замороженому стані під вакуумом. Цей метод використовують для подовженого зберігання виробничих і музейних культур, виготовлення живих вакцин.

Відомо, що існує взаємозв'язок між вологовмістом харчових продуктів та їх збереженням (або псуванням). Тому одним із методів подовження термінів зберігання харчових продуктів є зменшення вмісту вологи шляхом концентрування або дегідратації. Однак часто різні

харчові продукти з одним і тим же вмістом вологи псуються по різному. Зокрема, було встановлено, що при цьому має значення, наскільки вода асоційована з неводними компонентами: вода, сильніше пов'язана, менше здатна підтримати процеси, що руйнують (псують) харчові продукти, такі як зростання мікроорганізмів і гідролітичні хімічні реакції.

Активність води, показує залежність між станом води в продукті і зростанням кількості мікроорганізмів у ньому. Саме визначення активності розглядається як відношення величини парціального тиску пари над продуктом до величини парціального тиску над чистим розчинником.

$$A_w = p / p_s,$$

де: A_w – активність води;

p - парціальний тиск водяної пари над поверхнею продукту;

p_s - тиск насиченої пари над чистою водою при температурі продукту.

Відомо, що між водою, хімічними сполуками і біологічною структурою харчових продуктів відбуваються взаємодії різного характеру. А саме - вода є дисперсним середовищем для цілого ряду хімічних реакцій та метаболізму мікроорганізмів у продуктах харчування. Величина A_w добре корелює з багатьма з них. Так зниження A_w від 1 до 0.2 призводить до значного уповільнення хімічних і ферментативних реакцій. У теперішній час вивчені і визначені порогові значення A_w для більшості мікроорганізмів, за межами яких, сповільнюються або припиняються процеси їх росту. Так для більшості бактерій граничне значення A_w , що забезпечують їх нормальний розвиток має бути не нижче 0.90 - 0.99.

Дріжджі і багатоцвілеві гриби добре розвиваються навіть в межах $A_w = 0.85 - 0.65$. Зокрема, в молочноконсервному виробництві найбільш небезпечні осмофільні дріжджі, які можуть розвиватися при A_w близькою до 0.70.

Граничні значення a_w для росту мікроорганізмів, що зустрічаються в харчових продуктах:

Мінімальне значення a_w	Бактерії	Дріжджі	Цвілі
0,98	Pseudomonas		
0,96	Klebsiella; Shigella		
0,93	Clostridium; Lactobacillus		
0,92	Salmonella		
0,90	Vibrio; Pediococcus	Phodotorula; Saccharomyces*	
0,88		Candida, Torulopsis; Debariomyces	Clodosporium
0,86	Staphylococcus		
0,80		Saccharomyces*	Penicillium; Aspergillus*
0,75	Hulophilic bacteria		
0,65			
0,62		Saccharomyces*	
0,60			Aspergillus*

За величиною активності води виділяють наступні види харчових продуктів:

продукти з високою вологістю ($a_w = 1.0 - 0.9$);

продукти з проміжною вологістю ($A_w = 0.9-0.6$);

продукти з низькою вологістю ($A_w = 0.6 - 0.0$).

Криві, що показують зв'язок між вмістом води в харчовому продукті з активністю води в ньому при постійній температурі, називаються ізотермами сорбції. Інформація, яку вони дають, корисна для характеристики процесів концентрування і дегідратації (тому що простота чи складність видалення води пов'язана з a_w), а також для оцінки стабільності харчового продукту. На рис. 2.1 зображена ізотерма сорбції води для продуктів з високою вологістю (в широкій області вологовмісту).

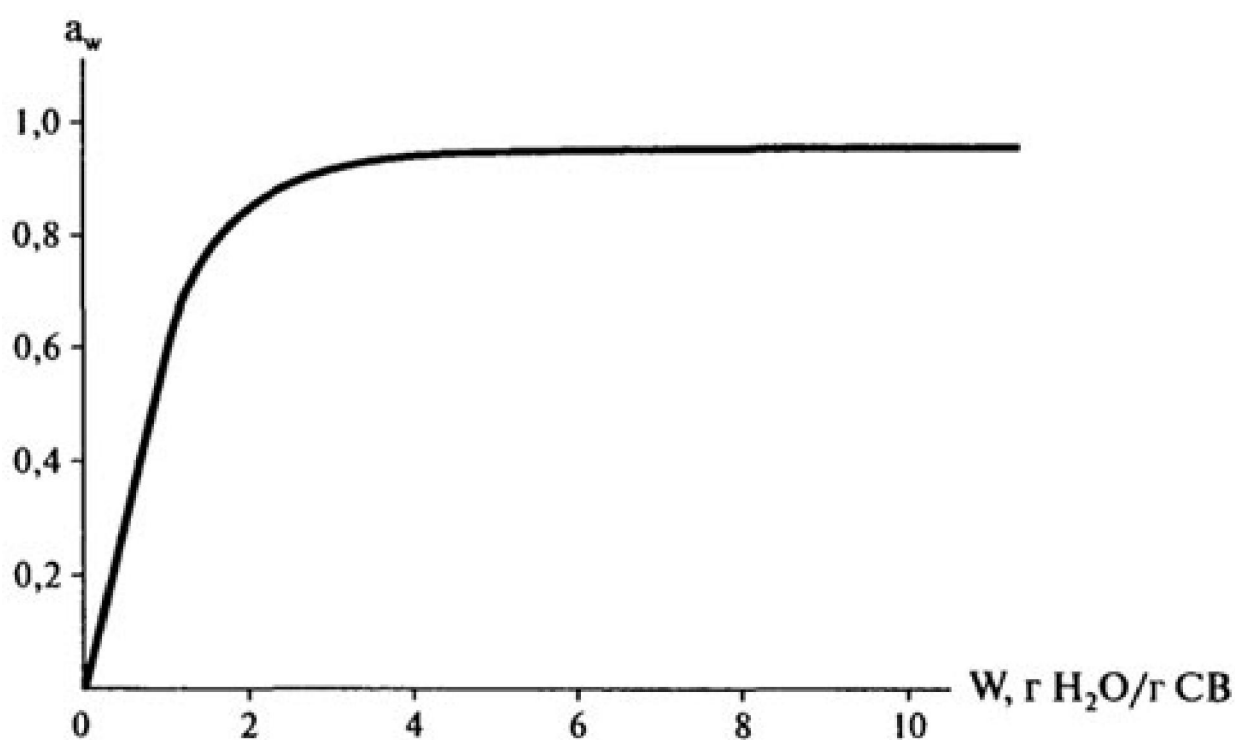


Рис. 2.1.

Проте, з урахуванням наявності зв'язаної води, більший інтерес представляє ізотерма сорбції для області низького вмісту води в харчових продуктах (рис. 2.2). Для розуміння значення ізотерми сорбції корисно розглянути зони I-III.

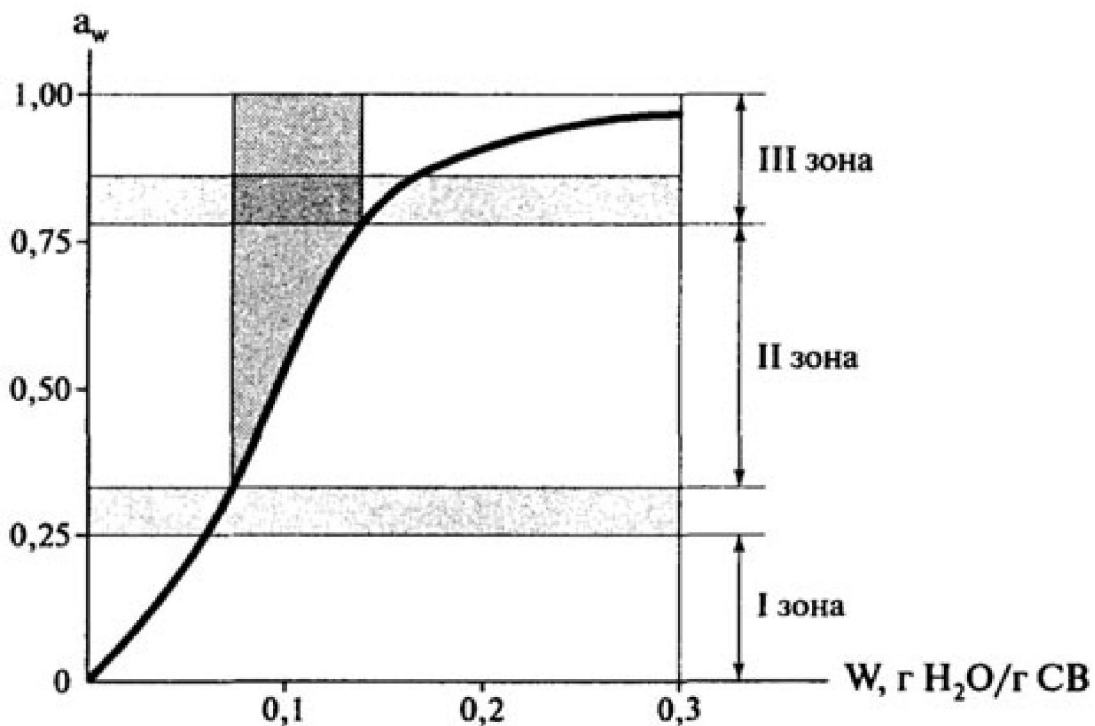


Рис. 2.2.

Властивості води в продукті сильно відрізняються в міру переходу від зони I (низькі вологовмісту) до зони III (висока вологість). Зона I ізотерми відповідає воді, найбільш сильно адсорбованій і найбільш нерухомою в харчових продуктах. Ентальпія паротворення цієї води багато вище, ніж чистої води, і вона не замерзає при -40°C . Вона нездатна бути розчинником, і не присутній у значних кількостях, щоб впливати на пластичні властивості твердої речовини, вона просто є його частиною.

У цілому зона I - відповідає надзвичайно малій частини всієї вологи у харчовому продукті з високою вологістю. Вода в зоні II складається з води зони I і доданої води (ресорбція) для отримання води, укладеної в зону II. Ця волога утворює мультипрошарок. Ентальпія пароутворення для цієї води дещо більше, ніж для чистої води. Велика частина цієї води не замерзає при -40°C . Ця вода бере участь в процесі розчинення, діє як пластифікуючий агент і сприяє набуханням твердої матриці. Вода в зонах II і I зазвичай становить менше 5% від загальної вологи в харчових продуктах з високим вмістом вологи. Вода в зоні III ізотерми складається з води, яка була в зоні I і II, і доданої для утворення зони III. У харчовому

продукті ця вода найменш пов'язана і найбільш мобільна. Ця вода має ті ж властивості, що й вода в розведеному сольовому розчині. Вода, додана (або віддалена) для утворення зони III, має ентальпію пароутворення практично таку ж, як чиста вода, вона замерзає і є розчинником, що важливо для протікання хімічних реакцій і росту мікроорганізмів. Звичайна волога зони III (не важливо, вільна або утримується в макромолекулярній матриці) становить більше 95% від всієї вологи в високовологих матеріалах.

Стан вологи, як буде показано нижче, має велике значення для стабільності харчових продуктів. Ізотерми сорбції, отримані додаванням води (ресорбція) до сухого зразку, не збігаються повністю з ізотермами, отриманими шляхом десорбції. Це явище називається гістерезисом.

Ізотерми сорбції вологи для багатьох харчових продуктів мають гістерезис (рис. 2.3). Величина гістерезису, нахил кривих, точки початку і кінця петлі гістерезису можуть значно змінюватися в залежності від таких факторів, як природа харчового продукту, температура, швидкість десорбції, рівень води, віддаленої при десорбції. Як правило, ізотерма абсорбції (ресорбції) потрібна при дослідженні гігроскопічності продуктів, а десорбції - корисна для вивчення процесів висушування.

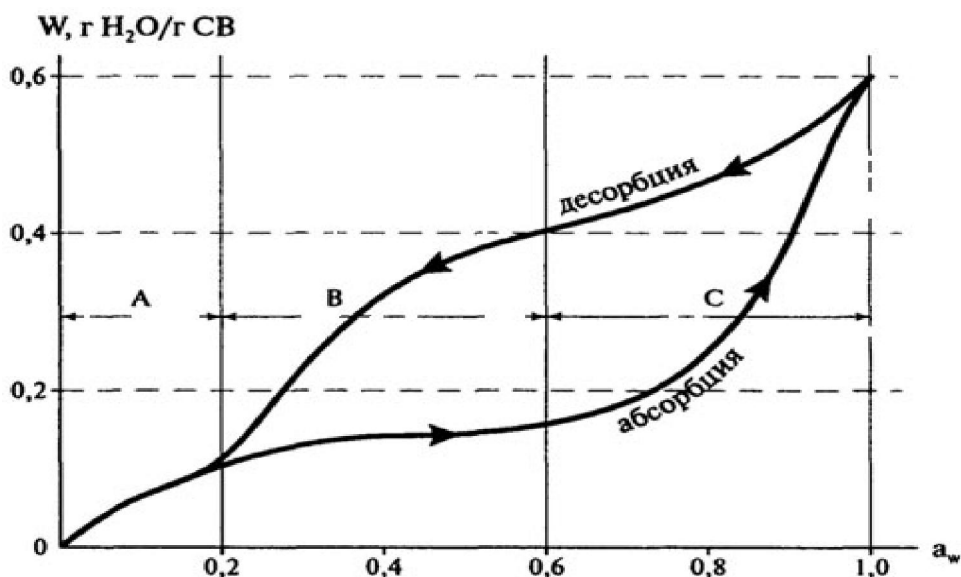


Рис. 2.3

У продуктах з низькою вологістю можуть відбуватися окислення жирів, неферментативне потемніння, втрата водорозчинних речовин (вітамінів), псування, викликане ферментами. Активність мікроорганізмів тут пригнічена. У продуктах з проміжною вологістю можуть протікати різні процеси, у тому числі за участі мікроорганізмів. У процесах, що протікають при високій вологості, мікроорганізмам належить вирішальна роль.

Найчастіше псування продуктів з проміжною вологістю викликають дріжджі та плісняви, менше - бактерії. Дріжджі викликають псування сиропів, кондитерських виробів, джемів, сушених фруктів; цвілі - м'яса, джемів, тістечок, печива, сушених фруктів.

Ефективним засобом для попередження мікробіологічного псування і цілого ряду хімічних реакцій, що знижують якість харчових продуктів при зберіганні, є зниження активності води в харчових продуктах. Для зниження активності води використовують такі технологічні прийоми, як сушіння, в'ялення, додавання різних речовин (цукор, сіль тощо), заморожування. З метою досягнення тієї чи іншої активності води в продукті можна застосовувати такі технологічні прийоми, як:

адсорбція - продукт висушують, а потім зволожують до певного рівня вологості;

сушіння за допомогою осмосу харчові продукти занурюють у розчини, активність води у яких менше активності води харчових продуктів.

Активність води і ріст мікроорганізмів у харчових продуктах:

aw	Мікроорганізми які ін-гібують при більш низькому значенні aw, ніж ця область	Харчові продукти, характерні для цієї області aw
1,00-0,95	<i>Pseudomonas</i> ; <i>Escherichia</i> ; <i>Proteus</i> ; <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> ; <i>Bacillus</i> ; <i>Clostridium perfringens</i> ; деякі дріжджі	Фрукти, овочі, м'ясо, риба, молоко, домашня ковбаса та хліб, продукти з вмістом сахару (~40%) та хлориду натрія (~7%)
0,95-0,91	<i>Salmonella</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Serratia</i> <i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i> , деякі гриби, дріжджі (<i>Rhodotorula</i> , <i>Pichia</i>)	Деякі сири, консервовані шинка, деякі фруктові концентрати соків, продукти з вмістом сахару (~55%), хлориду натрія (~12%)
0,91-0,87	Дріжджі (<i>Candida</i> ; <i>Torulopsis</i> , <i>Hansenula</i>) <i>Micrococcus</i>	Ферментовані ковбаса типу салями, сухі сири, маргарин, бісквіти, продукти з вмістом сахару (65%), хлориду натрія (15%).
0,87—0,80	Гриби (мікотоксигенні пеніцили <i>Penicillia</i>); <i>Staphylococcus Aureus</i> ; більшість <i>Saccharomyces</i> ; <i>Debaryomyces</i>	Більшість концентратів фруктових соків, солодке згущене молоко, шоколад, сироп, мука, рис, взбиті вироби з вмістом вологи 15 — 17%, фруктові тістечка, шинка
0,80-0,75	Більшість галофільних бактерій, мікотоксигенні аспергили	Джем, мармелад, заморожені фрукти
0,75-0,65	Ксерофільні види цвілей (грибів) (<i>Asp. chevalieri</i> ; <i>Asp.</i>	Патока, сухі фрукти, горіхи

	canidus; <i>Wallemia sebi</i> <i>Saccharomyces bisporus</i>	
0,65-0,60	Осмофільні дріжджі (<i>Saccharomyces rouxii</i>); деякі цвілі (<i>Asp. echinulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>)	Сухофрукти, які містять 15— 20% вологи, карамель, мед
0,5	Мікроорганізми відсутні	Тісто з вологістю 12%, спеції з вологістю 10%
0,4	Мікроорганізми відсутні	Ячний порошок з вологістю ~5%
0,3	Мікроорганізми відсутні	Печиво, крекери, сухарі з воло- гістю ~3—5%
0,2	Мікроорганізми відсутні	Сухе молоко с вологістю ~2 — 3%, сухі овочі з вологістю ~5%, зернові пластівці з вологістю ~5%, крекери

Зневоднювання заморожуванням. Цим методом доцільно користуватись для зневоднювання профільтрованих цитрусових і ягідних соків і з меншим успіхом - для зневоднювання томатного соку і концентратів пектину. Основна складність під час використання даного методу полягає у потребі росту кристалів льоду без значного включення в них соку і в такій формі, що забезпечує легке і швидке видалення. Це потребує повільного росту відносно великих і однорідних кристалів.

Існують методи, що ґрунтуються на використанні ступінчастого заморожування за контролю швидкості охолодження і перемішування з метою недопущення такого переохолодження, за якого може утворитися багато дрібних кристалів, Наприклад, для одержання пивного концентрату на першому ступені охолодження до $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ заморожується 50 % води з подальшим охолодженням для видалення ще 25 % вологи. Це має переваги в тому, що виключається утворення білкової зависі і стає не обов'язковим тривале зберігання або витримування пива на холоді. Аналогічний процес використовують і під час виробництва апельсинового соку. Смакові якості і міцність вин можуть бути посилені частковим заморожуванням. Відомо, що за якістю концентрати соків, одержані заморожуванням, у зв'язку з відсутністю теплового ушкодження і зменшення втрат ефірних олій, помітно перевищують аналогічні концентрати, які одержують шляхом випаровування під вакуумом. При цьому краще зберігається аскорбінова кислота, Можна стверджувати, що високоякісні фруктові концентрати в майбутньому будуть готуватися цим способом.

Крім переваг в якості продукції, заморожування теоретично може забезпечувати одержання даної концентрації з меншими енергетичними витратами. Це впливає з різниці між теплотою випаровування (555,6 ккал/кг) і теплотою заморожування (80 ккал/кг).

Висушування. Мікроорганізми харчуються, використовуючи явище осмосу і всмоктуючи харчові речовини. Тому всі мікроби для свого розвитку потребують цілком визначеної концентрації води в навколиш-

ньому середовищі. Мінімум вологості, за якої можливий розвиток бактерій, становить 25-30 %, а плісєневі гриби потребують не менше 10 % вологи. Потрапивши в сухе середовище, мікробні клітини віддають осмотичним шляхом свою вологу, плазмолізують і припиняють життєдіяльність.

У процесі висушування вологість овочів і плодів доводять до 8-25 тобто до рівня, який припиняє розвиток мікроорганізмів.

Зазвичай плоди і овочі під час підготовки до сушіння і в процесі самого сушіння проходять таку обробку, за якої вони як живі організми гинуть. Гинуть під час нагрівання і

мікроорганізми. Коли йдеться про принцип анабіозу щодо сушіння, то мають на увазі мікроорганізми, що потрапили на поверхню висушених продуктів у процесі зберігання. Ці мікроби плазмолізують і зберігаються тривалий час у стані анабіозу. Якщо висушений продукт зволжити, мікроби знову оживають і псують продукцію.

Висушування - це зменшення відсотка вмісту води до позначки, що нижче значення, необхідного для підтримки життєдіяльності мікроорганізмів. Іншою перевагою є зменшення обсягу і ослаблення хімічної активності. Наявна вологість може бути зменшена шляхом простого гарячого сушіння або, що менш ефективно, шляхом додавання солі або цукру. Концентровані розчини солі й цукру зв'язують воду і роблять її недоступною для мікроорганізмів. З цієї причини джеми і мармелад, що мають високий вміст цукру не потребують заморожуванні.

Багато продуктів харчування є гігроскопічними і знаходяться в стані рівноваги з відносною вологістю в навколишній атмосфері. З підвищенням відносної вологості підвищується вміст вологи в харчовому продукті, а зі зниженням відносної вологості зменшується і кількість вологи. Можна викреслити ізотерми сорбції, щоб показати вміст вологи в продукті харчування для кожного значення відносної вологості.

Якщо продукт живлення знаходиться в герметично закритому контейнері, то він буде або отримувати вологу, або втрачати її до тих пір, поки не буде досягнута рівновага з повітряним простором. Рівноважна відносна вологість - це атмосферна вологість, при якій вологість продукту зберігається незмінною. Це значення часто виражається символом A_w (водна активність). Харчовий продукт з $A_w = 0,5$ має рівноважну відносну вологість, що дорівнює 50%.

При виборі упаковки слід знати значення A_w і рівноважної відносної вологості продукту. Продукти харчування з низькими значеннями рівноважної відносної вологості є гігроскопічними і будуть поглинати вологу з повітря. Такі продукти слід затарювати в бар'єрну упаковку, яка не допустить потрапляння вологи з атмосфери.

Сухі продукти, такі як хрустка картопля і розчинна кава, мають низький вміст води - 3% або менше і рівноважну відносну вологість від 10 до 20%. Оскільки відносна вологість навколишнього середовища рідко буває низькою, ці продукти мають тенденцію вбирати в себе воду. Їх необхідно упаковувати в матеріали, що мають високі бар'єрні властивості. Хрустка картопля до того ж багатий жирами, так що він вимагає наявності високого кисневого захисту. Іноді використовуються осушувачі та кисневі рафінуючі добавки.

Сухі продукти харчування з рівноважною відотною вологістю від 20 до 30% пред'являють менш суворі вимоги до бар'єра вологості, і їх легше упаковати. У залежності від виду продукту харчування, може знадобитися кисень або інші бар'єри. Багато видів печива та сухі каші відносяться до цієї категорії продуктів.

Продукти харчування з рівноважною відотною вологістю від 30 до 60% можуть часто зберігатися протягом тривалого періоду часу в упаковці, яка не має бар'єрних властивостей або має низькі бар'єрні властивості, оскільки їх рівноважна відносна вологість відповідає типовим атмосферним умовам. Крупи, горіхи та сушені фрукти відносяться до цієї

групи. Але, якщо харчовий продукт харчування має високий вміст рослинної олії, то може знадобитися кисневий бар'єр. Бактеріологічна активність рідко створює проблеми для харчових продуктів з низьким або зниженим вмістом вологи, оскільки усунутий один з головних факторів зростання бактерій.

При сублімаційному сушінні м'ясо і м'ясопродукти в умовах вакууму піддаються попередньому швидкому заморожуванню до температури -30°C . Після заморожування їх сушать - видаляють вологу з продукту при низькій температурі (не вище $-15 \dots -20^{\circ}\text{C}$) в умовах вакууму. Вода, що знаходиться в продукті при низькій температурі у вигляді льоду, переходить з твердого агрегатного стану в пароподібний, минаючи рідку фазу. При цьому видаляється 75-90% вологи (вся вільна вода і частина зв'язаної). Частину, що залишилася найбільш міцно зв'язаної води видаляють під час досушки при позитивних температурах продукту ($40-80^{\circ}\text{C}$).

Оскільки в процесі сушіння в умовах вакууму поєднуються заморожування і висушування, на мікроорганізми, що знаходяться в консервовані продукті, несприятливо впливають багато чинників: низька температура заморожування, висока концентрація солей, що створюється при замерзанні води, механічна дія кристалів льоду, зневоднення продукту і частково підвищена температура в період досушування. Вплив усіх цих факторів може виявитися згубним для деяких мікроорганізмів.

Тому сушка в умовах вакууму призводить до значного зменшення мікробного обсіменіння консервованих м'ясопродуктів.

Незважаючи на те що значна частина мікроорганізмів гине в процесі заморожування і подальшого висушування, загальна мікробна забрудненість (мікробне число) висушених м'ясопродуктів іноді залишається досить високою.

При подальшому зберіганні герметично упакованих м'ясопродуктів сублімаційного сушіння спостерігається подальше відмирання частини мікробів із залишкової мікрофлори. Найбільш інтенсивно вона відбувається в перші 4-6 міс. зберігання, а потім швидкість відмирання мікробів різко знижується. При неправильному зберіганні продуктів сублімаційного сушіння в умовах підвищеної вологості повітря в них відбувається інтенсивне розмноження мікробних клітин, що зберегли життєздатність, і кількість мікроорганізмів через 24 год збільшується в 10 разів і більше.

Утворення високих концентрацій осмотично активних речовин. Як уже зазначалося, осмотично активні речовини за достатньої концентрації викликають плазмоліз рослинних і мікробних клітин, в результаті чого вони впадають в анабіотичний стан і втрачають властивість псувати харчові продукти.

Такими речовинами є сіль і цукор, які використовують для консервування харчових продуктів. Для стійкого плазмолізу мікробних клітин треба мати концентрацію цукру 70 %, солі - 12 % (у відповідності з їх молекулярними масами, які відносяться між собою як 6:1).

2.2. Осмотичні тиски, температури замерзання та кипіння розчинів

Значна кількість харчових продуктів і напоїв певною мірою належить до розчинів. Розчини відіграють важливу роль у житті живої природи, харчових, мікробіологічних, ферментних технологіях, хімічних виробництвах тощо. Вони мають важливе значення в існуванні біологічних систем, оскільки біологічні об'єкти живляться завдяки переведенню харчових компонентів у розчинений стан.

Розчином вважається тверда або рідинна гомогенна система, що складається з кількох компонентів. Основна речовина вважається розчинником, а інша — розчиненою речовиною.

Основні властивості розчинів ґрунтуються на експериментальних дослідженнях, і особлива увага приділяється їх колігативним властивостям. Властивості розчинів, які залежать тільки від концентрації й не залежать від природи розчинених речовин, називають колігативним. До них відносять тиск насиченої пари, температури кипіння та замерзання, осмотичний тиск; ці поняття тісно пов'язані між собою.

Температура кипіння та замерзання розчину залежить від тиску насиченої пари над ним, а тиск пари залежить від концентрації розчину. Присутність розчиненої речовини підвищує температуру кипіння і знижує температуру замерзання розчинника, і тим сильніше, ніж концентрований розчин.

Розглянемо залежність зміни температури замерзання розчинів від їх концентрації на прикладі вина та виноматеріалів. З графіків 4-6 видно, що температура замерзання вина знижується зі збільшенням концентрації цукру або спирту в ньому:

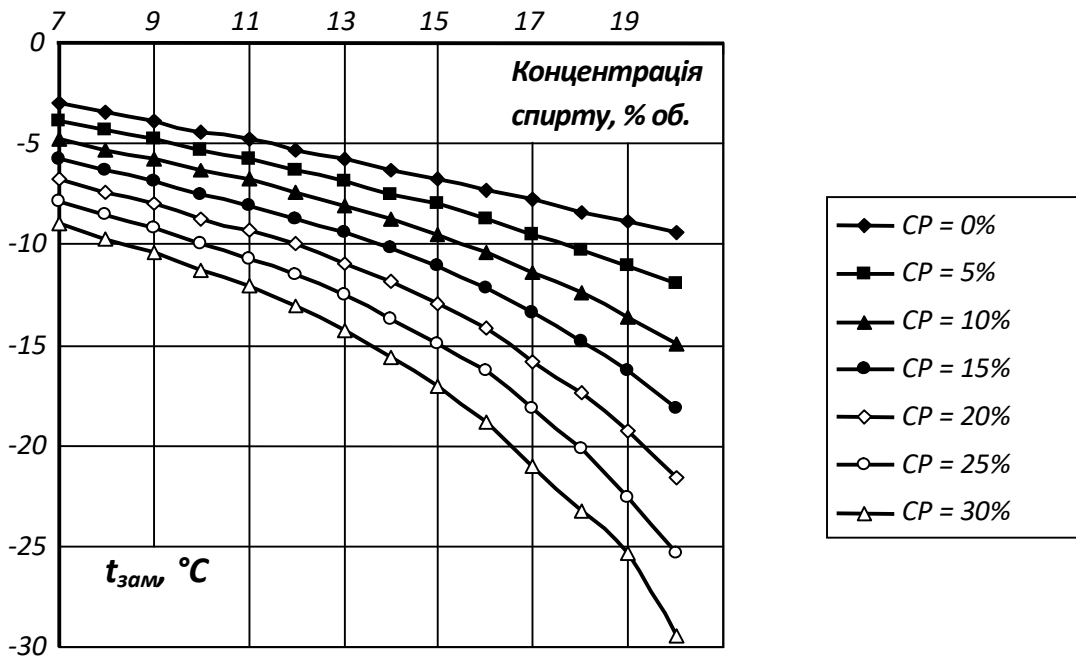


Рис. 2.4. Графіки залежностей температури замерзання вина і виноматеріалів від об'ємної концентрації спирту при стабілізованих концентраціях цукру

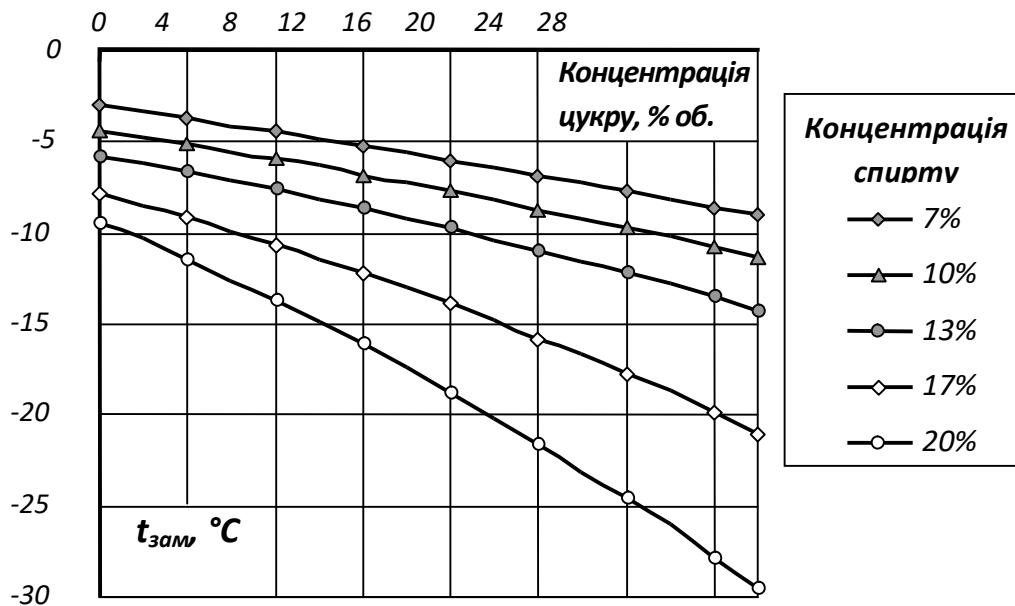


Рис. 2.5.. Графіки залежностей температури замерзання вина і виноматеріалів від об'ємної концентрації цукру при стабілізованих концентраціях спирту

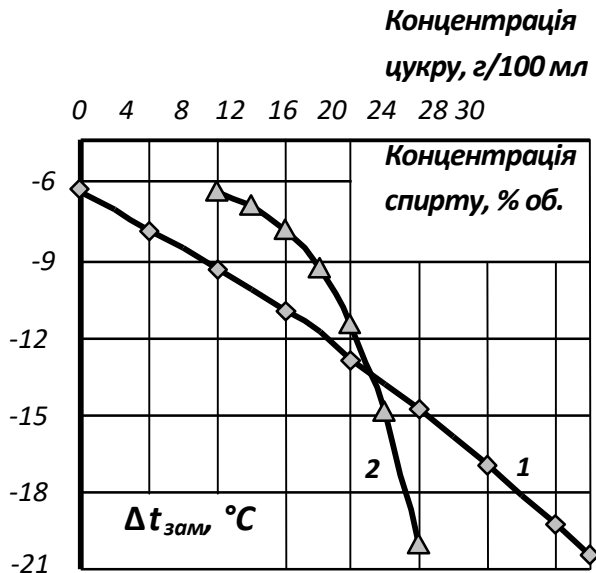


Рис. 2.6. Графіки залежностей зміни температури замерзання вина і виноматеріалів від концентрації спирту в межах змін концентрації цукру від 0 до 30 г/100 мл (крива 1) і від концентрації цукру (г/100 мл) в межах змін концентрації спирту від 7 до 20 % (крива 2)

Тиск пари над розчинником за сталої температури — величина стала, бо одночасно з процесом випаровування відбувається зворотний процес конденсації. Розчиняючи речовину в розчиннику, ми зменшуємо число молекул розчинника в одиниці об'єму, отже, зменшується число молекул, що вилітають з рідкої фази в пароподібну. В результаті рівновага між рідиною і паром встановиться при меншій концентрації пари, тобто при меншому її тиску. Таким чином, тиск насиченої пари розчинника над розчином завжди менший, ніж над чистим розчинником.

Залежність зниження тиску пари розчинів від їхньої концентрації виражається I законом Рауля : тиск насиченої пари даного компонента розчину, тобто парціальний тиск пари компонента, дорівнює тиску насиченої пари цієї речовини у вільному стані, помноженому на її мольну частку в розчині x_i :

$$P_i = P_i^0 \cdot x_i.$$

Згідно з другим законом Рауля (висновок з першого закону): підвищення температури кипіння та зниження температури замер-

зання розчину відносно чистого розчинника пропорційні молярній концентрації розчиненої речовини:

$$\Delta T_{\text{к(з)}} = E(K) \cdot C_m$$

де C_m — молярність розчину; E і K — ебуліоскопічна та криоскопічна сталі, які залежать лише від властивостей розчинника — його температури кипіння (замерзання) $T_{\text{к(з)}}$, молярної маси M і теплоти випаровування (плавлення) $\Delta H_{\text{вип(пл)}}$, але не залежать від властивостей розчиненої речовини.

Зменшення температури замерзання розчинів має велике значення для живих організмів. Так, клітинний сік організмів є розчином в основному органічних речовин, його температура замерзання лежить нижче нуля, тому організми не гинуть при знижених температурах. Зимостійкість рослин тісно пов'язана з концентрацією клітинного соку: чим більше концентрація, тим більш низькі температури може переносити рослина. Процес перетворення високомолекулярних сполук при настанні холодів (наприклад, крохмалю в глюкозу), який відбувається в клітинах рослин, викликаний бажанням підвищити концентрації клітинного соку. З тих же причин добре зберігаються овочі та фрукти при температурі -1°C .

Лімітуюча життєдіяльність мікроорганізмів під дією осмотичного тиску добре відома. Її використовують у деяких технологіях довгострокового зберігання сировини (м'яси, меду, сиропів, концентратів) або готової продукції. Цукор або сіль у таких технологіях виконують роль консервантів, припиняючи всяку діяльність мікроорганізмів (внаслідок бактеріостатичних або летальних ефектів). Добре відомо, що за наявності в середовищі цукру з концентрацією 70 % продукцію можна довше зберігати.

Осмоз — проникнення розчинника в розчин крізь напівпроникну перегородку (мембрану), непроникну для розчиненої речовини, коли

розчин відокремлюється нею від чистого розчинника. Закон Вант-Гоффа встановлює залежність осмотичного тиску від концентрації речовин та температури розчину:

$$P=cRT$$

P – осмотичний тиск розчину, кПа;

c – кількість молів розчиненої речовини в об'ємі розчину;

R – універсальна газова стала;

T – абсолютна температура розчину.

Залежність осмотичного тиску від температури розчину та його концентрації покажемо на прикладі розчину звичайної солі у табл. 2.2:

Таблиця 2.2

Значення осмотичних тисків розчинів NaCl, МПа

Температура, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Концентрація CP = 5 %	1,94	2,01	2,08	2,15	2,22	2,30	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65
Концентрація CP = 10 %	3,88	4,02	4,16	4,31	4,45	4,59	4,73	4,87	5,02	5,16	5,30
Концентрація CP = 15 %	5,82	6,03	6,25	6,46	6,67	6,89	7,10	7,31	7,53	7,74	7,95
Концентрація CP = 20 %	7,77	8,06	8,34	8,62	8,91	9,19	9,48	9,76	10,05	10,33	10,62
Концентрація CP = 25 %	9,71	10,07	10,42	10,78	11,13	11,49	11,84	12,20	12,56	12,91	13,27

З таблиці 1 та графіків 6,7 видно, що значення осмотичного тиску зростає зі збільшенням температури середовища та його концентрації. Це є дуже важливим для харчових технологій, так як показує, що для

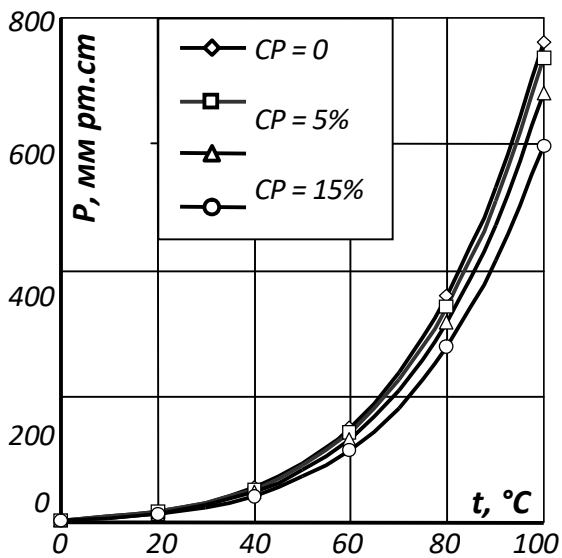


Рис. 2.6. Залежність парціальних тисків пари води в залежності від температури і масової концентрації NaCl

досягнення бажаних бактеріостатичних ефектів важливим фактором впливає не лише концентрацією а й температура.

Явища осмосу відіграють важливу роль у житті рослинного світу й мікроорганізмів, оскільки оболонки клітин є перетинками, легкопроникними для води і майже непроникними для речовин, що входять до складу клітинного соку. Проникаючи в клітини, вода створює в них підвищений тиск і розтягує оболонки, підтримуючи їх у напруженому стані.

Осмотичний тиск клітинного соку на межі з водою лежить у межах 0,4...2,0 МПа. В розчинах з більш високим осмотичним тиском клітина втрачає воду з протоплазматичного мішечка. Це явище називається плазмолізом, при якому досягаються бактеріостатичні ефекти, які використовують в харчових технологіях. Висока концентрація сухих речовин в мелясі (86 %) призводить до зневоднення мікробних клітин, в результаті чого всі процеси життєдіяльності зупиняються. Подібні процеси використовуються під час виготовлення варення, джему, концентрованих приправ, солінь, томатів тощо.

Перебіг життєво важливих процесів перенесення енергії і речовин пов'язаний з мембранами, які складаються з білків і фосфоліпідів, що є

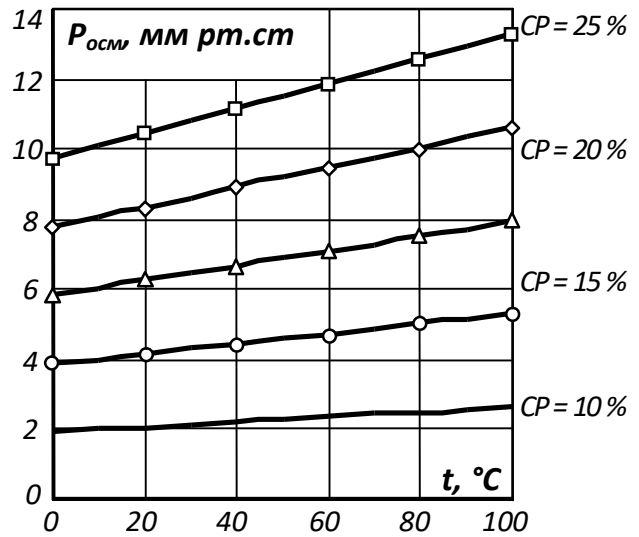


Рис. 2.7. Залежність осмотичного тиску розчину NaCl від температури

ознакою живої клітини. Закони осмосу через вплив на мікроорганізми здебільшого визначають ті чи інші обмеження існуючих технологій харчових і мікробіологічних виробництв. Впливи осмотичного тиску середовищ на різні види мікроорганізмів мають певну кореляцію з осмотичним тиском клітинного соку. Це використовують, призначаючи параметри технологічних і мікробіологічних процесів, і обмежують життєдіяльність небажаних культур, які є домішками до основної.

Рослинна тканина має клітинну структуру. Клітини бувають овальними, круглими, багатокутними, розміром до десятків мікрометрів. Щільно прилягаючи одна до одної вони з'єднуються між собою міжклітинною речовиною. Кожна клітина має міцну розтягвану оболонку, що служить каркасом, відповідальним за форму клітини. З середини оболонка вистелена дуже тонким шаром - цитоплазмою. Внутрішня частина клітини, заповнена клітинним соком, називається вакуолею.

Міжклітинна речовина, що цементує рослинну тканину, складається з протопектину. У ряді випадків для пом'якшення тканини і одержання несучільної структури її піддають такій обробці, після якої нерозчинний (у холодній воді) протопектин перетворюється в розчинну форму.

Клітинна оболонка складається з клітковини і деякої кількості протопектину. Вона має дрібнопористу структуру з дуже малими отворами і каналами, через які можуть вільно проходити молекули води і розчинюваних у воді речовин, а також клітинний сік. Клітинну оболонку вважають напівпроникною.

Шар цитоплазми не з'єднується з клітинною оболонкою, а вільно прилягає до неї, притиснутий клітинним соком. Носієм життя виступає саме цитоплазмова оболонка, яка складається головним чином з білкових речовин і деякої кількості ліпідів. Цитоплазмова мембрана є ультрамікропористою структурою, через яку можуть проникати лише молекули води. В зв'язку з явищем осмосу можливе переведення внутріклі-

тинної вологи в зовнішнє середовище. У міру осмотичного відсмоктування води цитоплазма починає відшаровуватись від клітинної оболонки, а далі цитоплазмовий міхур збирається десь в середині клітини. Цей процес називають плазмолізом. У стані плазмолізу клітина бездіяльна. Вона не гине, але її нормальні функції припиняються. У такому стані вона може перебувати дуже довго. Все це стосується і бактеріальної клітини, а тому, створивши умови плазмолізу мікробних культур, можна забезпечити довгострокове зберігання харчової продукції.

Розміщення плазмованої клітини в чистій воді забезпечує хід процесу в зворотному напрямку. У результаті цього в клітині виникне тиск, який відповідно до процесу, що його викликав, називається осмотичним.

Величина осмотичного тиску, визначається через масову концентрацію і молекулярну масу речовини. Осмотичний тиск прямо пропорційний масовій концентрації та обернено пропорційний молекулярній масі. Таким чином, для однієї й тієї самої масової концентрації осмотичний тиск буде більшим для речовин з меншою молекулярною масою. Наприклад, у кухонній солі він приблизно у 6 разів вищий, ніж у цукрози.

Слід підкреслити, що властивість напівпроникності не є стабільним атрибутом клітини. Вона відповідає тільки живій здоровій і неущкоджений цитоплазмі і навіть для неї не є постійною. Зміни напівпроникності зв'язані з умовами середовища. Але рівень нестабільності клітинної проникності для живої цитоплазми не дуже високий і близький до середнього значення. Картина різко змінюється, коли клітина піддається несприятливим зовнішнім збуренням: механічним травмам, обробці високими або низькими температурами, іонізуючим опроміненням, електричним полем тощо.

Під час переходу критичних порогів подразнень відбуваються незворотна коагуляція колоїдів цитоплазми, максимальне збільшення клі-

тинної проникності, розрив цитоплазмової оболонки і загибель клітини. Речовини, що містилися у середині клітини, вивільняються.

Мікрофлора, якою інфікована готова продукція, у більшості випадків реагує так само на зовнішні збурення, в результаті чого і може досягатись ефект її знешкодження. Мінімізація енергетичних та інших витрат при цьому зв'язана з різними показниками процесу і часу його проведення. Наявна мікрофлора, що її треба знешкодити, може бути зв'язана з мікробіологією самого виробництва або ж з нетехнологічним потраплянням мікробів. Можна сподіватись на нерівномірність концентрації останніх в об'ємі продукції, але вибраний метод обробки повинен привести до повного знешкодження або інактивації мікрофлори у всьому об'ємі. Останнє зв'язане з досягненням певних рівнів тепло- і масообміну в зоні обробки. Це означає, що вплив на динаміку їх перебігу матимуть такі фізичні параметри, як щільність, поверхневий натяг, в'язкість, електро- та теплофізичні властивості тощо, які також слід враховувати.

РОЗДІЛ 3. Експериментальні дослідження.

3.1. Умови проведення експериментальних досліджень

Харчові біологічні середовища у більшості випадків мають значну кількість води, а тому необхідно звернути увагу на певний зв'язок між термодинамічними параметрами останньої і тиском, який також відноситься до них.

Температурні режими, за яких здійснюється технологічна обробка харчової сировини, знаходяться в інтервалі від 0 до 100 °С і більше, а активній життєдіяльності мікроорганізмів відповідають дещо вужчі діапазони. Так психрофіли добре ростуть за відносно низких температур: мінімальною для їх розвитку є температура -7...-2 °С, оптимальною близько 15 - 20 °С і максимальною – 30..35 °С. З цього випливає, що навіть для температур, які відповідають умовам існування психрофілів, рідинні середовища можуть досягати метастабільних станів. У відповідності з цим очевидно існує необхідність узгоджувати діапазон зміни тиску і відповідно температур середовища з вказаними температурами існування мікроорганізмів.

Важливим чинником в порушенні умов рівноваги біологічних середовищ є розчинені гази. Відомо, що формування більшості продуктів за їх синтезу і при переробці відбувається в умовах насичення їх рідинної частини повітрям, або, наприклад, діоксидом вуглецю в процесах бродіння тощо. У відповідності з законом Генрі зниження фізичного тиску в рідинній фазі супроводжується виділенням розчиненої газової фази. За законом Генрі за стабільних температур притаманна кожному з газів стала Генрі визначається як коефіцієнт пропорційності між розчинністю газу і його парціальним тиском:

$$c=kP$$

c - кількість розчиненого газу;

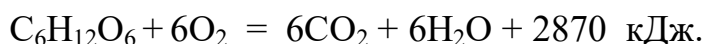
k - стала Генрі;

P - парціальний тиск газу.

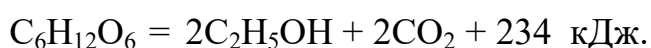
Звідси видно, що з наближенням тиску P до нуля, до нуля буде прямувати і розчинність газу C. Якщо до таких умов переведено біологічне середовище з відповідною мікрофлорою, в якій здійснюється масообмін з середовищем на рівні газових складових, то вакуумування системи обмежить або зовсім припинить такий масообмін. В подібних умовах і за зростання в клітинах розчиненого газу процеси метаболізму уповільнюються, що може бути однією з причин бактеріостатичних станів.

Для експериментальних досліджень було обрано хлібопекарські дріжджі, які підлягали розведенню з водою та цукром. Дріжджі - найбільш поширені мікроорганізми, які використовуються в харчових виробництвах. Правда, у всіх цих виробництвах використовуються різні види, раси і штами дріжджів. Однак будова їх клітин є однаковою. Дріжджі являють собою одноклітинні мікроорганізми рослинного походження. На відміну від ряду бактерій і мікроскопічних грибів дріжджі розмножуються брунькуванням, а при несприятливих умовах - шляхом спороутворення.

Дріжджі можуть мати овальну, яйцевидну, округлу, рідше циліндричну форму клітини. Розміри у різних видів складають від 2 до 20 мкм. Дріжджі є факультативними анаеробами, тобто вони виявляють життєві функції в присутності кисню повітря (аеробний процес) і в його відсутності (анаеробний процес). У першому випадку енергія отримується в результаті повного окислення органічних речовин:



Енергія витрачається клітинами на синтез біомаси, тобто на ріст і розмноження. При відсутності повітря клітини, для здійснення своїх життєвих функцій використовують кисень, що знаходиться в органічних речовинах:



У результаті реакції виходять етиловий спирт і діоксид вуглецю. Обмін речовин по аеробній схемі називають диханням дріжджів, а по анаеробній схемі - бродінням.

Оптимальною для життєдіяльності дріжджів є температура 22 ... 30 ° С. З підвищенням температури до 30 ° С інтенсивність дихання зростає, а при 40 ° С - помітно зменшується. На розвиток дріжджів великий вплив має вміст цукру в культурному середовищі. Оптимальною є масова частка цукру 13 ... 20%. Підвищення вмісту цукрів у середовищі уповільнює бродіння, а при вмісті 30% - зменшується, крім того, і вихід спирту. Вміст спирту в середовищі на всі види дріжджів діє негативно.

Дріжджі здатні рости на середовищах з низьким рН (5,5 і навіть нижче), особливо у присутності вуглеводів, органічних кислот і інших легко утилізованих джерел органічного вуглецю. У процесі життєдіяльності дріжджі метаболізують компоненти харчових продуктів, утворюючи власні специфічні кінцеві продукти метаболізму. При цьому фізичні, хімічні і, як наслідок, органолептичні властивості продуктів змінюються — продукт «псується». Розростання дріжджів на продуктах нерідко видно неозброєним оком як поверхневий наліт (наприклад на сирі або на м'ясних продуктах) або проявляють себе, запускаючи процес бродіння (у соках, сиропах і навіть у достатньо рідкому варенні).

Особливо ускладнює боротьбу з ними той факт, що вони можуть рости у присутності високих концентрацій цукрози, етанолу, оцтової кислоти, бензойної кислоти і діоксиду сірки, що є найважливішими консервантами.

В результаті виконання експериментальних досліджень, пов'язаних з оцінкою впливів колігативним властивостей мікробіологічних середовищ встановлено наявність летальних ефектів. Було обрано три параметри для варіювання, які можуть впливати на досягнення бажаного результату: початкову температуру обробки середовища, концентрацію сухих речовин, час витримки середовища у вакуумованому стані.

Руйнування рослинних структур у процесі вакуумування вивчалося в спеціальній групі дослідів. Експериментальні дослідження проводилися на спеціальній установці, схема якої представлена на рис. 3.1.

- 1 – вакуумна камера;
- 2 – пробірка;
- 3 – підставка;
- 4 – манометр ;
- 5 - трьох ходовий клапан;
- 6 – вакуум-насос;
- 7 – блок перетворення сигналу;
- 8 – блок підсумовування оцифровки сигналу з термопарами;
- 9 – комп'ютер.

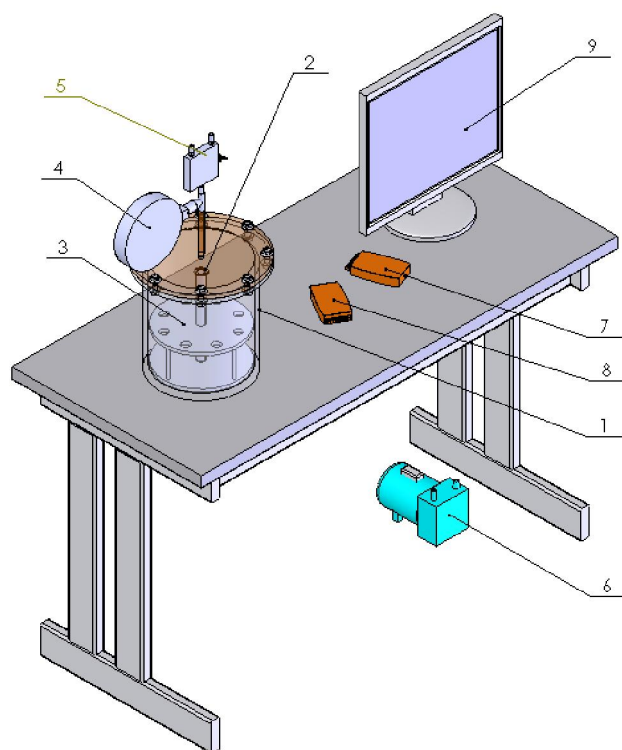


Рис. 3.1. Експериментальна установка

Спочатку готувався водний розчин цукру у пробірці 2, який потім за допомогою гарячої води нагрівався до певної температури. За допо-

могою термопар з блоками перетворення сигналів 7,8 вимірювалась температура нагрітого розчину, блоки давали змогу спостерігати за зміною температури на моніторі комп'ютера 9. Коли температура відповідала заданій за умовою проведення досліду величині, в пробірку додавали необхідну кількість хлібопекарських дріжджів. Пробірку 2 із готовим для експериментальних досліджень середовищем поміщали до вакуумної камери 1, встановлюючи на підставці 3. Потім щільно закривали камеру кришкою і за допомогою вакуум-насоса 6 створювали розрідження, за показниками тиску при цьому можна було спостерігати на манометрі 4. Витримане під вакуумом дослідне середовище потім піддавалось дослідженню за допомогою мікроскопа. Використовуючи камеру Горяєва та розчин метиленової сині нам вдалося поррахувати співвідношення кількості живих та відмерлих клітин, тобто досліджувані в даній магістерській роботі летальні ефекти по мікрофлорі.

3.2. Обробка дослідних даних

Опрацювання дослідних даних досліджень базується на методах математичної статистики.

Сучасний стан теорії багатофакторного експерименту дає можливість в кількісній формі показати вплив факторів на вихідну величину, якою є рівень летальних ефектів. У зв'язку з проведенням дворівневого експерименту кожен фактор набуває два значення, а саме верхній і нижній. Набори верхніх і нижніх значень факторів створюють область експерименту.

Для одержання кількісної оцінки впливів названих факторів на рівень летальних ефектів виконано трьохфакторний дворівневий експеримент, параметри якого відображено у таблиці 3.1:

Табл. 3.1

Величина	Фактори		
	$X_1, ^\circ\text{C}$	$X_2, \%$	$X_3, \text{с}$
Назва параметру	Початкова температура обробки середовища	Концентрація сухих речовин	Час витримки середовища в завакуумованому стані
Кодове позначення фактора	x_1	x_2	x_3
Основний рівень X_i^0	50	30	30
Інтервал варіювання h_i	10	15	20
Нижній рівень X_{in}	40	15	10
Верхній рівень X_{iv}	60	45	50

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$Y=f(T,k,t), \text{ де}$$

T – початкова температура обробки середовища, $^\circ\text{C}$;

k – концентрація сухих речовин, %;

t – час витримки середовища у вакуумованому стані, с .

За результатами експерименту отримуємо регресійне рівняння.

Попередньо передбачуємо справедливість лінійної моделі вигляду:

$$y = b_0 \cdot X_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_1 \cdot X_2 + b_5 \cdot X_1 \cdot X_3 + b_6 \cdot X_2 \cdot X_3 + b_7 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

де b – коефіцієнти регресії.

Для проведення дослідів складають спеціальні матриці планування експерименту з вказуванням числа дослідів та меж зміни факторів.

Визначаємо за формулою $N=2^n$ кількість дослідів

$$N=2^n=2*3=8$$

Нормалізуємо вихідне рівняння регресії, а саме перетворюємо змінні X_i в безрозмірні нормалізовані змінні Z_i :

$$Z_i=(X_i-X_0)/\Delta X_i,$$

де X_i – значення фактора на (+), (-) рівні;

X_0 - значення фактора на 0 рівні;

ΔX_i – інтервал вимірювань.

Після нормалізації маємо:

$y = b_0 \cdot Z_0 + b_1 \cdot Z_1 + b_2 \cdot Z_2 + b_3 \cdot Z_3 + b_4 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + b_5 \cdot Z_1 \cdot Z_3 + b_6 \cdot Z_2 \cdot Z_3 + b_7 \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$
 ,де b – коефіцієнти регресії.

Матриця планування три факторного експерименту:

Номер до- сліду	Фактор				Функція відгуку
	X_0	X_1	X_2	X_3	
1	+	-	-	-	1.6
2	+	+	-	-	31
3	+	-	+	-	6
4	+	+	+	-	35.7
5	+	-	-	+	5.5
6	+	+	-	+	49
7	+	-	+	+	7.8
8	+	+	+	+	85.7

Розрахуємо коефіцієнти рівняння регресії за формулою:

$$b_i = N^{-1} \sum_1^N (z_i \bar{y}_j)$$

i – номер фактора

$$b_0 = \frac{1}{8}[1,6 + 31 + 6 + 35,7 + 5,5 + 49 + 7,8 + 85,7] = 27,7875$$

$$b_1 = \frac{1}{8}[-1,6 + 31 - 6 + 35,7 - 5,5 + 49 - 7,8 + 85,7] = 22,5625$$

$$b_2 = \frac{1}{8}[-1,6 - 31 + 6 + 35,7 - 5,5 - 49 + 7,8 + 85,7] = 6,0125$$

$$b_3 = \frac{1}{8}[-1,6 - 31 - 6 - 35,7 + 5,5 + 49 + 7,8 + 85,7] = 9,2125$$

$$b_4 = \frac{1}{8}[1,6 - 31 - 6 + 35,7 + 5,5 - 49 - 7,8 + 85,7] = 4,3375$$

$$b_5 = \frac{1}{8}[1,6 - 31 + 6 - 35,7 - 5,5 + 49 - 7,8 + 85,7] = 7,7875$$

$$b_6 = \frac{1}{8}[1,6 + 31 - 6 - 35,7 - 5,5 - 49 + 7,8 + 85,7] = 3,7375$$

$$b_7 = \frac{1}{8}[-1,6 + 31 + 6 - 35,7 + 5,5 - 49 - 7,8 + 85,7] = 4,2625$$

Тоді рівняння регресії у кодованому вигляді:

$$Y = 27,7875 + 22,5625 * X_1 + 6,0125 * X_2 + 9,2125 * X_3 + 4,3375 * X_1 * X_2 + 7,7875 * X_1 * X_3 + 3,7375 * X_2 * X_3 + 4,2625 * X_1 * X_2 * X_3;$$

Для переходу до натуральних значень критеріїв використаємо формули:

$$X_1 = \frac{T - T_0}{\lambda_1}; \quad X_2 = \frac{K - K_0}{\lambda_2}; \quad X_3 = \frac{t - t_0}{\lambda_3}$$

де T, K, t – натуральні значення критерію;

T_0, K_0, t_0 – значення критерію на нульовому рівні;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – інтервали вимірювань.

Підставивши значення отримаємо:

$$X_1 = \frac{T - 50}{10};$$

$$X_2 = \frac{K - 30}{15};$$

$$X_3 = \frac{t - 30}{20};$$

Тоді рівняння регресії у явному вигляді:

$$Y=27,7875+22,5625*\frac{T-50}{10}+6,0125*\frac{K-30}{15}+9,2125*\frac{t-30}{20}+4,3375*\frac{T-50}{10}*\frac{K-30}{15}+7,7875*\frac{T-50}{10}*\frac{t-30}{20}+3,7375*\frac{K-30}{15}*\frac{t-30}{20}+4,2625*\frac{T-50}{10}*\frac{K-30}{15}*\frac{t-30}{20}=-110,86+2,2562*T+0,4*K+0,46*t+0,0289*T*K-0,867*T-1,445*K+43,35+0,0389*t*T-1,167*T-1,945*t+58,35+0,0124*K*t-0,372*K-0,372*t+11,16+0,0014*T*K*t+1,26*T-0,07*K*t-63-0,042*T*K-0,042*T*t+2,1*K+2,1*t.$$

$$Y = - 61+1,4882*T+0,683*K+0,243*t-0,0131*T*K-0,031*t*T-0,0576*K*t+0,0014*T*K*t$$

Результати досліджень по оцінці летальних ефектів вакуумування

Табл. 3.2

Номер досліджу	Початкова температура обробки середовища, °С	Концентрація сухих речовин, %;	Час витримки середовища у вакуумованому стані, с	Рівень летальних ефектів, %
1	40	15	10	1,6
2	60	15	10	31
3	40	45	10	6
4	60	45	10	35,7
5	40	15	50	5,5
6	60	15	50	49
7	40	45	50	7,8
8	60	45	50	85,7

З рівняння видно, що найбільший ефект у напрямку досягнення летальних ефектів має фактор Т – початкова температура обробки середовища. На те, що температура є найбільш ефективним фактором вказує кореляційний коефіцієнт при Т, який рівний 1,4882.

Другим за інтенсивністю фактором впливу визначено концентрацію сухих речовин, тобто концентрацію цукру. Кореляційний коефіцієнт цього фактора становить величину 0,683. Оцінка по впливу фактора k приводить до висновку, що підвищення осмотичного тиску середовища, в якому знаходяться мікроорганізми, допомагає досягти летальних ефектів.

Найменш впливовим фактором виявився час витримки досліджуваного середовища під вакуумом, кореляційний коефіцієнт рівний 0,243.

Виходячи з таблиці 2, яка підсумовує результати експериментальних досліджень можна стверджувати, що всі три обрані нами на початку експерименту параметри варіювання мають суттєвий вплив для досягнення бажаних летальних ефектів. Тому слід очікувати найбільших позитивних результатів за найкращого сполучення рівнів факторів Т, k, t. Такому найкращому сполученню відповідають значення факторів Т – максимальний, k – максимальний, t – максимальний. Таке сполучення реалізується у досліді №8 і йому відповідають летальні ефекти на рівні 85,7%.

Висновки

В даній магістерській роботі за мету ставилось розроблення заходів по стабілізації харчових продуктів на основі їх колігативних властивостей. Так як більшість харчових виробництв відносяться до мікробіологічних і мікроорганізми є невід'ємною частиною під час вироблення та реалізації харчової продукції, то під заходами щодо стабілізації в цій роботі маються на увазі заходи по знешкодженню патогенної мікрофлори, яка призводить до псування харчової сировини.

Експериментальні дослідження проводились з метою визначення залежностей між колігативними властивостями розчинів та рівнем летальних ефектів оброблюваного мікробіологічного середовища. За тест - культуру було обрано хлібопекарські дріжджі, вони піддавались впливу таким фізичним методом обробки сировини, як тиск (вакуумування). В результаті проведених дослідів можна зробити висновок, що на рівень летальних ефектів впливають такі показники, як початкова температура оброблюваного середовища, концентрація сухих речовин та час витримки середовища у вакуумній камері. Про інтенсивність впливу кожного з факторів було зроблено висновки на основі проведеного трифакторного експерименту та отриманого в результаті рівняння регресії. Найбільш впливовим фактором виявилась початкова температура середовища (кореляційний коефіцієнт 1,4882), що пояснюється тим, що у хлібопекарських дріжджів при температурі більше 40 °C інтенсивність дихання помітно зменшується, а у відповідності із законом Генрі за зовнішнього тиску, що наближається до 0, (тоді як в середині клітини фізичний тиск відповідає осмотичному тиску клітинного соку) видалення CO₂ через цитоплазматичну і клітинну оболонки сповільнюється аж до повного припинення. Такі умови мають привести до летальних ефектів.

Другим за впливом фактором виявилась концентрація сухих речовин (кореляційний коефіцієнт 0,683), що приводить до висновку, що підвищення осмотичного тиску середовища, в якому знаходяться мікроорганізми, допомагає досягти летальних ефектів.

Властивість напівпроникності клітинної мембрани не є стабільним атрибутом клітини. Вона відповідає тільки живій здоровій і неушкодженій цитоплазмі і навіть для неї не є постійною. Зміни напівпроникності зв'язані з умовами середовища. Картина різко змінюється, коли клітина піддається несприятливим зовнішнім збуренням, таким як обробка тиском. Під час переходу критичних порогів подразнень відбуваються незворотна коагуляція колоїдів цитоплазми, максимальне збільшення клітинної проникності, розрив цитоплазматичної оболонки і загибель клітини. Речовини, що містилися у середині клітини, вивільнюються.

Третій фактор - час витримки під вакуумом оброблюваного середовища (кореляційний коефіцієнт рівний 0,243) .

Всі три параметри варіювання мають вплив на кінцевий результат, тому, відповідно, найбільш бажаним є сполучення трьох факторів за їх максимального значення, що дає рівень летальних ефектів, який рівний 85,7%.

В результаті проведених експериментальних досліджень ми отримали бажані летальні ефекти по мікрофлорі, що дає нам змогу стверджувати про очевидну залежність між колігативними властивостями харчових середовищ та методами їх стабілізації.

Одержані результати по сукупності впливів вказаних факторів дають можливість використання одержаної інформації інформації.

Список використаної літератури:

1. Adapted from Beuchat, L.R. 1981. Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World* 26:345–349.
2. Beuchat, L.R. 1983. Influence of water activity on growth, metabolic activities, and survival of yeasts and molds. *Journal of Food Protection* 46:135–141, 150.
3. Hite BH. The effect of high pressure in the preservation of milk. *Bull. West Virginia Univ. Agric. Exp. Station* 1899; 58:15–35.
4. M. Patterson. Under pressure: a novel technology to kill microorganisms in foods. *Culture, 2004; 25: 2-5*
5. Patterson MF. High pressure treatment of foods. In Robertson, RK, Batt, CA, Patel, PD. (eds) *Encyclopedia of food microbiology*. London: Academic Press. 2000: pp1059–1065.
6. The stability of intermediate moisture foods with respect to yeasts. In: *Intermediate Moisture Foods*, eds. R. Davies, G.G. Birch, and K.J. Parker, pp. 138–165. London: Applied Science Laboratories.
7. Water activity in foods / Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Anthony J. Fontana, Jr., Shelly J. Schmidt, Theodore P. Labuza.
8. Беспалько А.П., Гавва О.М., Токарчук С.В. / Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр” для студентів спеціальностей 8.05050206 “Машини і технології пакування” та 8.05050207 “Машини і ресурсозберігаючі технології переробки упаковки” ден. форми навч.: – К.: НУХТ, 2010. – 15 с.
9. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання. Обладнання для пакування продукції у споживчу і транспортну тару . Київ.: ІАЦ «Упаковка», 2005. - 304 с.
10. Дробот В. І. / Технологія хлібопекарських виробництв. – К.: Урожай, 2002. – 400 с.

11. Нога І. В. Механізм дії високого тиску і температури на деякі мікроорганізми та вітаміни// Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук . - Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2008.

12. Сирохман І.В.,Лозова Т.М.Товарознавство м'яса і м'ясних товарів.2-ге вид.перероб.та доп.Підручник.-К.:Центр учбової літератури,2009.-378с.

13. Соколенко А.І. , Яровий В. Л., Піддубний В. А., Васильківський К. В., Шевченко О. Ю. / Моделювання процесів пакування : Підручник / за ред. А.І. Соколенко . – Вінниця : Нова книга, 2004 . – 272 с.

14. Соколенко А.И., Українець А.И., Яровой В.Л., Васильковский К.В., Шевченко А.Е., Поддубный В.А., Лензион В.И., Максименко И.Ф., Добровольская Н.Г / Справочник специалиста пищевых производств. Книга 2. Теплофизические процессы. Энергосбережение /. – К.: АртЭк, 2002. – 370 с.

15. Соколенко А.И., Шевченко А.Е. Физико-химические эффекты вакуумирования в процессах упаковывания // Матеріали доповідей науково-практичної конференції “Новітні технології пакування”. Додаток до журналу Упаковка. – 2005. – С. 37-44.

16. Соколенко А.І., Костін В.Б., Васильківський К.В., Шевченко О.Ю., Лензіон В.Й., Резнік В.Г./Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування: Монографія.– К.: АртЕк, 2000. – 306 с.

17. Сукманов В. А., Хазипов В. А. / Сверхвысокое давление в пищевых технологиях . – Донецк: ДОНГУЭТ, 2003. – 168 с.

18. Технология пищевых продуктов: Учебник / Под ред. д. т. н., проф. А. И. Украинца. - К.: Издательський дом "Аскания", 2008. - 736 с.

19. Шевченко О.Ю. Наукові основи і апаратурне оформлення процесів довгострокового зберігання харчових продуктів// Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. – К.: НУХТ. – 2006.

20. Шевченко О.Ю., Костюк В.С. Вакуумна стерилізація продукції і тари // Харчова промисловість. Опубліковано за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції “Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України”. К.: – НУХТ. – 2004. – № 3 (додаток до журналу).– С. 133.

21. Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. // Визначення впливів осмотичного тиску і стабілізація харчових продуктів / Наукові праці НУХТ. – 2004. – № 15. – С. 65-67.

22. Шевченко О.Ю., Соколенко А.І. Особливості впливів різкої зміни тисків у процесах пакування продукції // Матеріали доповідей науково-практичної конференції “Новітні технології пакування”. Додаток до журналу Упаковка. – 2006. – С. 14-18.