

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет переробних і харчових виробництв

Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії



НАУКОВІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії»
СВО магістр денної та заочної форми навчання*



м. Харків 2022

Конспект лекцій з дисципліни «Наукові основи виробництва та зберігання харчової продукції» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії» ступеня вищої освіти магістр денної та заочної форми навчання / укладач: проф. Фощан А.Л. // Державний біотехнологічний університет. Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії. Харків : РВВ ДБТУ, 2022 р. 192 с.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри харчових
технологій в ресторанній індустрії
_____ проф. Гринченко О.О.

(підпис)

«30» серпня 2022 р.

ПОГОДЖЕНО

Гарант ОПП
_____ проф. Гринченко О.О.

(підпис)

«30» серпня 2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни розглянута і схвалена на засіданні кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії «30» серпня 2022 року протокол № 1.

Відповідальний за випуск Фощан А.Л.

© Фощан А.Л., укладач, 2022
© Державний біотехнологічний
університет, 2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Академічний модуль 1 «Наукові основи виробництва харчової продукції».....	5
Лекція 1-2. Основні технологічні принципи виробництва харчових продуктів. Функціонально-технологічні властивості харчових продуктів.....	5
Лекція 3-4. Білки, жири, вуглеводи. Їх функціонально-технологічні властивост та перетворення при виробництві та зберіганні харчової продукції.....	30
Академічний модуль 2 «Наукові основи зберігання харчової продукції».....	84
Лекція 5. Загальні принципи зберігання харчових продуктів.....	84
Лекція 6. Методи збереження харчових продуктів.....	91
Лекція 7. Зміна якості продукції при зберіганні.....	102
Лекція 8. Біохімічні та мікробіологічні основи харчових технологій.....	107
Лекція 9. Пастеризація та стерилізація як спосіб консервування.....	133
Лекція 10. Збереження харчових продуктів шляхом заморожуванняю.....	145
Лекція 11. Сушіння як метод консервування харчових продуктів.....	154
Лекція 12. Пакувальні матеріали як спосіб збереження харчових продуктів....	169
Література.....	191

Вступ

Світові тенденції розвитку харчової галузі з використанням інноваційних процесів у виробництві продукції невідменно прямують до створення нових видів продукції, новітнього устаткування та обладнання, залучення кваліфікованого персоналу з високим рівнем компетентності. Це передбачає якісно інший рівень особистісного та професійного розвитку фахівця, готового до здійснення ефективної професійної діяльності, здатного витримати конкуренцію на ринку праці, досягти успіху в професійній кар'єрі.

Дисципліна «Наукові основи виробництва та зберігання харчової продукції» має на меті вивчення хімічних, фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесів, що протікають у харчовій сировині під час виробництва та зберігання продуктів харчування. Здобуття теоретичних знань та практичних навичок з сучасних методів та технологій зберігання харчової продукції, застосування прогресивних технологій виробництва та зберігання, що дозволяють забезпечувати якість готового продукту відповідно до стандартів.

Процес виробництва та зберігання харчових продуктів передбачає дії, спрямовані на збереження природних властивостей цих продуктів протягом якнайбільшого часу. Головним пріоритетом при виробництві продуктів харчування є їх безпека, підвищення якості, біологічної цінності та смакових переваг.

Матеріали предмету дозволяють ознайомити майбутніх фахівців з новітніми способами й методами керування технологічними процесами з метою їхньої оптимізації, енергозбереження, мінімізації відходів й одержання харчової продукції із заданими властивостями. Основними завданнями вивчення дисципліни «Наукові основи виробництва та зберігання харчової продукції» є розуміння впливу різних методів консервації на продукти харчування.

Лекція 1-2.

ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Харчові продукти — це продукти тваринного, рослинного, мінерального або біосинтетичного походження, що вживаються людиною в їжу в натуральному або переробленому вигляді, а також напої, та будь-які речовини, що застосовуються при виготовленні, підготовці і переробці харчових продуктів.

Класифікація харчових продуктів:

за походженням

- тваринні (м'ясні, молочні, рибні, яйця птахів);
- рослинні (із зернових, фруктових, овочевих, прянощі із прямих рослин);
- грибні;
- мікробіологічні (яблучний оцет, лимонна кислота, квашення);
- мінеральні (кухонна сіль, йодована сіль);
- комбіновані (страви);

за хімічним складом:

- білкові, жирові, вуглеводні продукти;

за функціональним призначенням:

- традиційні (незмінені натуральні рослинні й тваринні);
- функціональні (змінені, що знижують ризик захворювань та підтримують активність органів);
- спеціальні (змінені дієтичні продукти, харчові добавки, продукти для спортсменів);
- продукти для харчування дітей.

У сучасній термінології для характеристики продуктів харчування використовують такі поняття, як органічні продукти, екологічно чисті продукти, генетично модифіковані продукти та інші.

Харчовий продукт — складний хімічний комплекс, що складається із сотень тисяч різних компонентів, здатних виявляти загальну і специфічну біологічну активність.

Серед компонентів харчових продуктів виділяють:

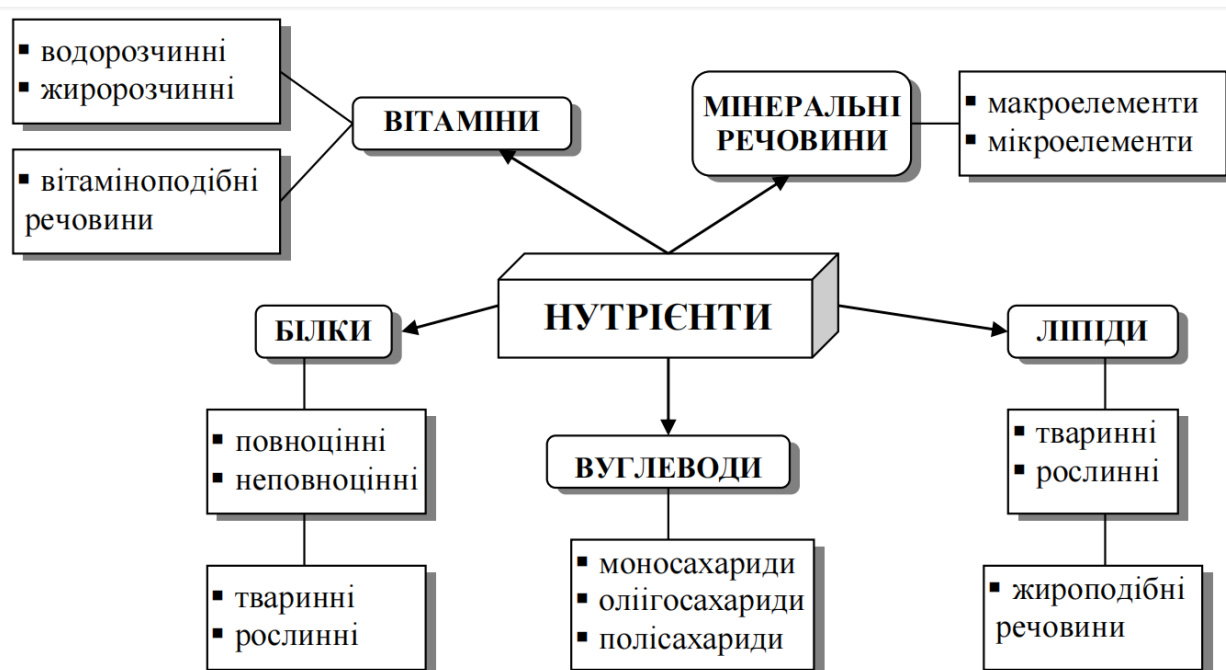
- *нутриєнти* — харчові (аліментарні) речовини, які організм людини використовує для побудови, оновлення та нормального функціонування органів, тканин і клітин, а також як джерело енергії;
- *біологічно активні сполуки* — речовини, які мають певну специфічну активність і змінюють або впливають на функції в організмі (біогенні аміни, глікозиди, алкалоїди, поліфеноли, індоли тощо);
- *антиаліментарні речовини* — речовини, які впливають на засвоєння нутрієнтів (інгібітори ферментів, антивітаміни, демінералізуючі речовини);

- *природні токсини* — індивідуальні сполуки, що спричинюють отруєння (соланін, амігдалин, кумарин, мікотоксини);

- *чужорідні сполуки антропогенного походження* — звичайні та радіоактивні речовини, штучні хімічні сполуки та елементи, які чинять негативний вплив на організм людини (пестициди, біфеніли, вуглеводні, нітрозаміни тощо).

Нехарчові компоненти:

- баластні сполуки (целюлоза, гемицелюлоза, пектин);
- захисні компоненти (біологічно активні речовини);
- смакові і ароматичні речовини;
- компоненти їжі, що несприятливо впливають на організм людини (природні токсини, чужорідні сполуки антропогенного походження).



Серед нутрієнтів виділяють замінні і незамінні харчові речовини.

Незамінні (есенціальні) харчові речовини — речовини, які не утворюються в організмі або утворюються в недостатній кількості: *незамінні амінокислоти та жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини і вода.*

Надходження з їжею незамінних харчових речовин є обов'язковим, а замінних харчових речовин є необхідним, так як за їх нестачі на їх утворення в організмі витрачаються інші харчові речовини, що приводить до порушення метаболізму.

Харчові речовини поділяють на дві групи:

- *макронутрієнти* — білки, жири, вуглеводи та макроелементи (кальцій, калій, магній, натрій, сірка, фосфор);
- *мікронутрієнти* — вітаміни та мікроелементи.

Останнім часом встановлено факт існування невідомих раніше факторів їжі, так званих *мінорних нехарчових біологічно активних компонентів*, які позитивно впливають на організм людини і знижують ризик розвитку багатьох захворювань — *біофлавоноїди, індоли, фітостероли, ізотіоціанати* тощо. Основним джерелом таких речовин є рослинна їжа — культивовані та дикі рослини.

Мультикомпонентний склад харчових продуктів визначає їх загальнобіологічні властивості. Однак, саме з нутрієнтами пов'язують основні якісні характеристики харчових продуктів, серед яких фізіологічній ролі нутрієнтів приділяється найбільша увага.

З усього різноманіття тваринної, рослинної, мінеральної сировини та продуктів їх переробки називаються харчовими продуктами тільки ті, які мають у своєму складі нутрієнти хоча б з однієї групи — білки, жири, вуглеводи, харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини та відповідні органолептичні властивості (зовнішній вигляд, колір, консистенцію, запах і смак).

Наявність і співвідношення в композиційному складі окремих нутрієнтів визначає *харчову цінність* продукту. При цьому не існує «ідеального» продукту, здатного ізольовано задовольнити всі потреби людини в нутрієнтах та енергії.

До показників, що характеризують *харчову цінність* продуктів, окрім нутрієнтного складу, відноситься також:

- *енергетична цінність* — кількість енергії, що утворюється в організмі при дисиміляції продукту;
- *біологічна цінність* — це показник визначення ступеня засвоєння в організмі людини певного нутрієнту з харчового продукту (найчастіше оцінюють якість білка, що залежить від збалансованості амінокислот і відображає ступінь затримки білкового азоту в організмі);
- *перетравлюваність* — відповідність хімічного складу продукту ферментним системам організму;
- *засвоюваність* — відносна ступінь використання організмом окремих нутрієнтів, що надходять з харчовими продуктами;
- *приїдаємість* — швидкість вироблення негативного динамічного стереотипу вибору і вживання того чи іншого харчового продукту.

Продукти з високими показниками харчової цінності: молочні продукти, м'ясо та м'ясопродукти, хліб і хлібобулочні вироби, крупи, овочі, зелень, фрукти, ягоди, яйця, вершкове масло і рослинні олії.

Рослинні продукти є єдиними природними джерелами крохмалю, некрахмальних полісахаридів (харчових волокон), вітамінів С і Е, β-каротину, біофлавоноїдів, а також основними джерелами поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), калію, магнію, марганцю, нікелю.

Таким чином, використання в харчуванні окремих продуктів ґрунтується саме на характеристиці їх харчової цінності. Наприклад, риба і морепродукти, маючи високі показники харчової цінності практично за всіма показниками, рекомендуються до вживання лише два-три рази на тиждень, що пов'язано з їх високою приїдаємістю (спостерігається у 70% європейського населення).

Технологічний процес харчових виробництв — це сукупність операцій з перероблення сировини і матеріалів у напівфабрикати та виготовлення готової продукції.

При виконанні окремих технологічних операцій відбуваються різноманітні фізичні, хімічні, біологічні процеси; кожна технологічна операція базується на певних фундаментальних законах, які визначають закономірності окремих технологічних операцій.

Класифікація технологічних процесів сприяє їх типізації та полегшує вибір ефективного способу обробки сировини та виробництва готової продукції. За основними закономірностями перебігу та рушійною силою технологічні процеси класифікують в такі групи:

- механічні процеси;
- гідромеханічні;
- теплові;
- масообміні (дифузні);
- хімічні та біохімічні;
- мікробіологічні;
- електрофізичні.

Необхідна умова протікання технологічного процесу — наявність рушійної сили. *Рушійна сила* технологічного процесу — це різниця потенціалів у двох точках системи, що розглядається.

Механічні процеси пов'язані з механічною обробкою продуктів. Рушійною силою механічних процесів є різниця зусиль у різних точках оброблюваного продукту. До механічних процесів відносяться процеси подрібнювання, пресування, сортування, перемішування сипких продуктів та сировини. У харчових технологіях під час подрібнення збільшується поверхня матеріалу, що обробляється, створюються передумови для інтенсифікації теплових, масообмінних і біохімічних процесів.

На підприємствах ресторанного господарства основні механічні процеси: очищення, нарізання, подрібнення, збивання, протирання, фарширування, порціювання тощо. Для механізації цих механічних процесів розробляються відповідні апарати та механізми (очищувальне, подрібнювальне, збивальне, формувальне тощо).

Гідромеханічні процеси — процеси, які відбуваються в рідинних (або газових) системах під зовнішнім впливом. Рушійною силою гідромеханічних процесів є перепад тиску, характерний для рідких, газоподібних середовищ: осідання в гравітаційному полі, фільтрування.

Гідромеханічні процеси поділяються на процеси:

- утворення неоднорідних рідинних систем та газових систем (перемішування, диспергування, піноутворення, емульгування, гомогенізація)
- розділення неоднорідних систем (осадження, фільтрування, центрифугування, мембранні методи, електроосаджування).

Теплові процеси — процеси, які пов'язані з перенесенням теплоти з одного середовища до іншого. Рушійною силою цих процесів є різниця температур. Теплові процеси, в свою чергу, поділяються на процеси:

- без зміни агрегатного стану (нагрівання, охолодження);
- зі зміною агрегатного стану (кипіння, конденсація, випарювання, заморожування, плавлення);
- специфічні (стерилізація, пастеризація, варіння, смаження).

Дифузійні (масообмінні) процеси — процеси, які характеризуються перенесенням (переходом) речовин з однієї фази в іншу. Рушійною силою масообмінних процесів є різниця концентрацій. Виділяють такі масообмінні процеси: адсорбція, абсорбція, перегонка, екстрагування, кристалізація, сушіння, штучне охолодження.

Хімічні процеси — процеси, які пов'язані із хімічними перетвореннями (окисно-відновні реакції, гідроліз, гідратація, дегідратація, піроліз, розпад, синтез та інші). Хімічні процеси широко використовуються в харчових технологіях:

- отримання патоки, кристалічної глюкози шляхом кислотного гідролізу крохмалю, інвертного цукру шляхом кислотного гідролізу сахарози;
- отримання жирів способом гідрогенізації і переетерифікації та інші.

Хімічні процеси мають значення у виробництві хліба, борошняних кондитерських виробів, цукру, шоколаду, олії, пресованих дріжджів, а також при зберіганні продуктів.

Біохімічні процеси — процеси, які протікають за участю ферментів і лежать в основі технологій виробництва хліба та хлібобулочних виробів, вина, пива, чаю, амінокислот, органічних кислот, вітамінів і антибіотиків. Ці процеси відіграють важливу роль при зберіганні харчової сировини і готової продукції (зерна, плодів, овочів, жиру, жировмісних продуктів тощо).

Хімічні та біохімічні процеси — це процеси, пов'язані зі зміною хімічного складу і властивостей речовин. Знаючи характер протікання хімічних і біохімічних процесів в харчовій сировині, можна встановити особливості процесу, розробити найбільш правильний режим технологічного процесу.

Мікробіологічні процеси — це процеси, які пов'язані з перетворенням речовин під дією мікроорганізмів та інших біологічних факторів. У харчовій промисловості мікроорганізми (дріжджі) використовуються при отриманні алкогольних напоїв — вино, пиво, коньяк, спирт та інші продуктів, у хлібопекарській промисловості використовують дріжджі і бактерії, у молочній промисловості — молочнокислі бактерії тощо.

Мікробіологічні процеси підпорядковуються біологічним законам життєдіяльності мікроорганізмів.

Електрофізичні процеси відбуваються під впливом електричного струму (обробка інфрачервоним випромінюванням, змінним електричним струмом, в електростатичному полі, електроконтактні, високочастотні і надвисокочастотні обробки). Рушійною силою цих процесів є різниця електричних потенціалів.

Інфрачервона (ІЧ) обробка використовується для нагрівання (поверхневого) продукту і широко використовується для сушіння продуктів (овочів, фруктів), запікання. ІЧ-випромінення здатне проникати в харчові продукти на глибину 6-12 мм. Метод ІЧ-обробки дозволяє зберегти вітаміни, біологічно-активні речовини і природні органолептичні властивості овочів та фруктів, значно знизити вміст мікрофлори, що підвищує терміни зберігання готової продукції.

Надвисокочастотна (НВЧ) обробка використовується при розморожуванні сировини, для нагрівання, розм'якшення, стерилізації. НВЧ - нагрів продукту здійснюється у полі електромагнітного випромінювання. Взаємодіючи з речовиною на атомному та молекулярному рівні, ці поля впливають на рух електронів, що призводить до перетворення НВЧ-енергії в тепло. Електромагнітне поле НВЧ-нагріву здатне проникати на значну глибину (об'ємне нагрівання), яка залежить від властивостей продукту. У порівнянні із ІЧ-нагріванням застосування мікрохвиль призводить до більшої економії енергії, відзначається значно менше втрат вітамінів.

Перелічені процеси при виробництві різної продукції мають свої особливості, супроводжується значними змінами властивостей та складу продукту, знешкодженням шкідливих речовин та мікро-організмів. Деякі технологічні операції властиві тільки при виробленні окремих продуктів (гідроліз, піроліз, полімеризація, гідрогенізація), коптіння, сульфитація, але з дуже складним механізмом перетворень в оброблюваному продукті.

Технологія харчових виробництв має свої особливості, оскільки щодо забезпечення якісних показників харчової сировини. Тому використання високих температур, тиску, швидкості значно обмежується, що в свою чергу вимушує знизити продуктивність або потужність технологічних процесів.

Основна мета виробництва харчових продуктів — отримання якісної продукції.

Якість продукції — це сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до свого призначення.

На якість харчових продуктів впливає:

- якість сировини (умови вирощування та одержання, транспортування і зберігання сировини тощо);
- технологія виробництва;
- тара і пакувальні матеріали;
- умов зберігання, транспортування, реалізації продукції.

При порушенні технології виробництва харчових продуктів неможливо отримати продукцію високої якості. Правильна упаковка захищає продукти від технічного пошкодження, забруднення, шкідливої дії зовнішнього середовища. Матеріал тари не повинен впливати на колір, смак, запах продуктів, вступати у хімічну реакцію з ними. Правильне транспортування і зберігання продуктів запобігає їхньому псуванню і забрудненню під час перевезення.

Основні технологічні принципи виробництва харчових продуктів:

- найкращого використання сировини;
- скорочення часу процесу;
- раціонального використання енергії;
- найкращого використання устаткування;
- оптимального варіанту;
- мінімального нанесення шкоди навколишньому середовищу.

Принцип найкращого використання сировини передбачає найкраще використання харчових складових сировини, комплексність переробки й рівень використання корисних її компонентів.

Однак, багато продуктів мають специфічні склад і структуру, які по різному перетравлюються і засвоюються. Так, теплова обробка продуктів поряд з підвищенням засвоюваності одних компонентів, приводить до руйнування інших компонентів.

Матеріальний баланс сировини, одержуваних з нього напівфабрикатів і готової продукції в цілому та по окремих компонентах дозволяє оцінити відповідність виду і якості сировини способом його переробки і ефективність тієї або іншої технології виробництва продукції.

Важливе значення в дотриманні принципу мають питання оптимізації технологічних процесів та вмілого комбінування сировини з метою одержання продукції з високими харчовими й смаковими достоїнствами.

Принцип найкращого використання сировини варто дотримувати на всіх стадіях виробництва та реалізації харчової продукції. Його дотримання передбачає також високий ступінь утилізації відходів за призначенням.

Вимоги до сировини в різних виробництвах можуть бути не однаковими. Наприклад, для виробництва крупи потрібний ячмінь з високим вмістом білка, а для одержання пива — з високим вмістом крохмалю. Невідповідність якості сировини технологічним вимогам призводить до додаткових витрат на виробництво готового продукту.

Принцип скорочення часу процесу передбачає інтенсифікацію технологічних процесів і одночасно підвищення якості готової продукції.

Збільшення тривалості теплової обробки продуктів може привести до зайвої втрати вологи, соковитості та смаку готової продукції та харчової цінності внаслідок руйнування харчових компонентів.

Інтенсифікація процесу — збільшення його швидкості досягається за рахунок збільшення різниці потенціалів, поверхні зіткнення фаз.

Рушійною силою технологічних процесів є різниця характерних для даного процесу потенціалів: для масообміну в межах однієї фази — різниця концентрацій, для теплообміну — різниця температур, для гідродинамічних процесів — тисків.

Для збільшення швидкості процесу його необхідно проводити за максимальної рушійної сили, тобто за максимальної різниці потенціалів. Значно збільшується рушійна сила процесу за одночасної зміни температури й тиску.

Збільшення поверхні взаємодіючих фаз (подрібнення та нарізання продуктів таким чином, щоб площа зіткнення з поверхнею, що гріє, була найбільшою), оптимальна температура теплоносія також інтенсифікує теплообмін.

Прискорити технологічний процес можна за рахунок:

- попереднього розпушення структури продуктів за допомогою замочування сухих продуктів (гриби, бобових, деяких круп, сухофруктів і ін.),
- механічного впливу (відбивання, розпушування м'яса, подрібнення на м'ясорубці),
- хімічного й біохімічного впливу (маринування, ферментування м'яса);
- використання електрофізичних способів теплової обробки продуктів (ІЧ-нагрів, НВЧ-нагрів, індуктивний нагрів).

Принцип найкращого використання устаткування передбачає одержання максимального виходу продукції з одиниці технологічної машини чи апарату. Для цього необхідний правильний вибір продуктивності устаткування у технологічних лініях, узгодження одиничних операцій і технологічних потоків.

Основні вимоги до вибору технологічного устаткування:

- *технологічні* — отримання продукції високої якості з мінімальною кількістю відходів, максимальною продуктивністю, мінімальною витратою електричної енергії;
- *конструктивні* — стандартність і заміність деталей, найменша трудомісткість при зборці, стійкість режиму, довговічність і ремонтпридатність та найменша металомісткість машини;
- *ергономічні та техніки безпеки* — зручність управління та обслуговування, легка керованість і безпека під час обслуговування.

Принцип найкращого використання енергії передбачає оптимізацію технологічних процесів, направлене на скорочення енергоємності продукції (електроємності, теплоємності).

Електроенергія у харчових технологіях найчастіше використовується при експлуатації устаткування, тепла енергія — у вигляді пари або гарячої води.

Шляхи економії енергії:

- використання сучасного устаткування з невисокою енергоємністю;
- застосування менш енергоємних технологічних операцій, способів обробки продуктів та дотримання температурних режимів обробки продуктів.

Принцип оптимального варіанту передбачає оптимізацію виробництва продуктів харчування, які б забезпечили за мінімальних витрат досягнення заданої технологічної мети, за ланцюгом:

сировина → переробка сировини → харчові продукти.

Цей принцип обов'язково передбачає вирішення питань комплексної механізації і автоматизації, використання новітніх досягнень науки та техніки, а також найкращих технологічних режимів і прогресивного устаткування.

Принцип мінімального нанесення шкоди навколишньому середовищу передбачає комплексний підхід до охорони навколишнього середовища. Він включає розробку нових безвідходних технологій, більш ефективних способів і

засобів очищення газів, води, а також удосконалення керування процесами очищення з метою підвищення якості й надійності роботи очисних пристроїв.

При цілісній оцінці технологічного процесу варто враховувати також витрати води, трудові та інші витрати на виробництво тієї або іншої продукції.

Висока якість кулінарної продукції поряд з дотриманням технологічних принципів дозволяє говорити про правильну організацію технологічного процесу на тім або іншій виробництві.

Розвиток харчових технологій здійснюється за трьома основними напрямками *розроблення та удосконалення*: харчової продукції; технологій виробництва харчової продукції; та устаткування харчової галузі.

Визначені такі *перспективні напрями розроблення*:

харчової продукції

- пошук нових джерел сировини, застосування нетрадиційної сировини та продуктів переробки лікарських рослин, овочів, фруктів, ягід, насіння та ін.;
- розроблення та впровадження харчових продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності, збалансованого складу;
- використання функціональних інгредієнтів, біологічно активних добавок та формування продукції направленої дії;
- розроблення харчової продукції із сучасними харчовими добавками.

харчових технологій

- впровадження технологій з оптимальними умовами та режимами виробництва;
- скорочення технологічних циклів виробництва продукції;
- спрощення технологічних етапів у виробництві продукції;
- інтенсифікація технологічних процесів за рахунок використання сучасних ферментних препаратів, температурних режимів, імпульсних коливань теплоагентів та холодоагентів, електро-магнітного та ультразвукового впливу та ін.;
- впровадження технологій з використанням нетрадиційних джерел енергії (біогазу, енергії сонця, вітру та ін.);
- впровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій;
- впровадження безвідходних технологій.

устаткування

- впровадження ресурсо- та енергозберігаючого обладнання;
- покращення критеріїв та параметрів роботи обладнання;
- оптимізація енергетичних показників обладнання;
- спрощення конструкції обладнання;
- впровадження системи механізації та автоматизації технологічних процесів виробництва харчової продукції;
- підвищення рівня безпеки роботи обладнання.

Для вдосконалювання існуючих, а також створення нових технологій та нових видів продукції чи устаткування використовують різні методичні підходи і методи.

Системний підхід — це сучасна загальнонаукова методологія дослідження складних об'єктів (харчових продуктів, технологічних ліній, процесів, операцій тощо), що дозволяє розглядати сполучення окремих елементів як єдину систему.

Структура системного підходу при дослідженні харчових технологій:

- визначення елементів системи (наприклад, рецептурний склад);
- визначення зв'язків елементів у системі (функціональну роль рецептурних компонентів);
- дослідження функціонування елементів у системі (наприклад, під дією різних способів та параметрів технологічної обробки);
- дослідження функціонування системи в цілому;
- аналіз отриманих результатів;
- створення теорії функціонування системи;
- розроблення програми управління системою (технологією).

Програмно-цільовий метод. В основі програмно-цільового методу планування наукових досліджень лежить визначення та постановка цілей і лише потім вибір шляхів їх досягнення. Методика програмно-цільового планування побудована за логічною схемою:

«цілі — шляхи — способи — засоби».

Відповідно до загальної мети на основі попереднього ретроспективного аналізу встановлюється мета наукових досліджень і розробок з конкретизацією їх по фундаментальних, теоретичних і практичних напрямках. По кожному з напрямків встановлюють завдання і будують дерева питань і результатів. На підставі зібраних матеріалів розробляють програму комплексного забезпечення рішення проблеми.

При вдосконалюванні або розробці нової продукції і харчових технологій можливі два вихідних положення:

- заздалегідь відомі вимоги до рецептури, технології або продукції — вирішення завдання може бути засновано на цілеспрямованому використанні технологічних властивостей продуктів або може передбачати необхідність додаткових дослідницьких робіт;
- відомі нові технологічні властивості продуктів, необхідно визначити сфери їхнього використання у харчових технологіях, у тому числі в напрямку вдосконалювання й розробки нових технологій і рецептур.

Впровадженню в практику нових продуктів завжди передують вивчення їхніх технологічних властивостей, що дозволяє обґрунтувати найбільш прийнятні способи їхньої обробки, види виробленої продукції, можливість сполучення з іншими компонентами продукції.

Етапи створення інноваційних харчових технологій та нових видів продукції:

- розроблення інноваційної ідеї;
- добір сировинних матеріалів;

- складання рецептури;
- розроблення виробничої технології;
- технічне консультування по устаткуванню;
- навчання персоналу;
- допомога у виборі та організації виробництва пакувальних засобів;
- організація каналів реалізації.

На цьому шляху фахівці вважають за можливе вирішити й задовольнити всі запити замовника.

При розробці нових видів ресторанної продукції часто використовують вираз «конструювання» — створення збалансованої кулінарної продукції.

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Під *функціонально-технологічними властивостями* харчових продуктів розуміють фізико-хімічні характеристики, що визначають їх поведінку в процесі переробки і забезпечують певну структуру, технологічні і споживчі властивості.

Функціонально-технологічні властивості можна розділити на:

- механічні (міцність, твердість, пружність, еластичність, пластичність, в'язкість, адгезію тощо);
- фізичні (теплоємність, оптичність, сорбція);
- хімічні (зміна складу, утворення нових речовин);
- структурні (взаємне розташування і взаємозв'язок складових частин або компонентів продукту).

Технологічні властивості визначають придатність продуктів до тих чи інших способів обробки і обумовлюють зміну їхньої маси, об'єму, форми, консистенції та інших показників. Технологічні властивості продуктів, що пройшли обробку, відрізняються від властивостей вихідних продуктів.

Сьогодні особливого значення набуває технологічність сировини, напівфабрикатів і готової продукції, їхня придатність або пристосованість до сучасних механізованих методів обробки при мінімальних затратах праці.

Так, високою технологічністю володіє, наприклад, картопля правильної форми і неглибоким заляганням вічок, що забезпечує мінімальні відходи при механічному очищенні. Високу придатність до механізованих методів переробки мають фаршеві маси з м'яса, риби та інших продуктів; зручно порціонувати рідкі однорідні продукти, тощо.

Різні технологічні властивості, притаманні тим чи іншим продуктам, під час технологічної обробки проявляються у взаємозв'язку між собою і якість готової продукції визначається їхнім сукупним ефектом. На основі знання технологічних властивостей продуктів і цілеспрямованого їхнього використання можливе підвищення якості та удосконалення харчових технологій. При цьому важливо розширяти асортимент використання продуктів, а також їх цільове призначення.

Детальне вивчення закономірностей та кінетики структурних змін в харчових системах в процесі їх технологічної переробки є основною для вдосконалення інтенсифікації самих технологічних процесів, а також їх механізації та автоматизації.

Стан вологи у харчових продуктах

Вода є основним компонентом більшості харчових продуктів. Її вміст і стан у продуктах у значній мірі визначає спосіб механічної і теплової обробки та якість готової продукції — *калорійність, консистенцію і структуру* харчових продуктів, впливає на їх *зовнішній вигляд, смак та стійкість* продуктів при зберіганні:

- кількість вологи в продукті визначає його *енергетичну цінність* — чим більше води, тим менше сухих речовин (білків, жирів, вуглеводів, органічних кислот) в одиниці маси;

- вміст вологи в продукті визначає *умови та строки його зберігання* — надлишок вологи сприяє перебігу ферментативних і хімічних реакцій, активізує діяльність мікроорганізмів, в тому числі таких, які призводять до псування продукту, зокрема його пліснявіння;

- вміст вологи у готовій продукції впливає на *вихід* — із збільшенням кількості вологи вихід виробів збільшується.

Загальна вологість продукту вказує на кількість води в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін в продукті. У забезпеченні його стійкості під час зберігання важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної вологи.

Зв'язана волога — це асоційована вода, міцно зв'язана з різними компонентами — білками, ліпідами і вуглеводами за рахунок хімічних і фізичних зв'язків. Зв'язана вода міцно утримується сухими речовинами і погано видаляється навіть випаровуванням ($t > 300^{\circ}\text{C}$) і не замерзає за температури -40°C .

До зв'язаної води відноситься також *кристалізаційна* вода (кристали лимонної кислоти і глюкози), яку можна видалити з продукту в результаті термічного розкладання за підвищених температур. Зв'язана вода має інший показник заломлення, має нижчу температуру замерзання, густину, не засвоюється мікроорганізмами і позитивно впливає на збереження продукту.

Вільна волога — це волога, яка не зв'язана полімером і доступна для перебігу біохімічних, хімічних і мікробіологічних реакцій. Вільна вода слабо зв'язана з сухими речовинами, легко видаляється з продукту під час висушування ($t \sim 100^{\circ}\text{C}$), віджимання, пресування і замерзає за 0°C .

Різновидом вільної води є *гігроскопічна*, поглинена продуктами з повітря. Продукти, що мають здатність поглинати або віддавати вологу, називаються *гігроскопічними* (цукор, цукристі кондитерські вироби, крупа, борошно, крохмаль, сушені плоди й овочі).

Плоди і овочі мають вологість 75...95%. В основному, це вільна вода, проте приблизно 5% вологи утримується клітинними колоїдами в міцно зв'язаному стані. Тому овочі і плоди легко висушити до 10...12%, але висушування до нижчої вологості вимагає застосування спеціальних методів.

Зв'язана вода може переходити у воду вільну і навпаки. Наприклад, під час розморожування м'яса, риби, свіжих плодів і овочів частина зв'язаної води переходить у вільну, що призводить до псування продуктів під дією мікроорганізмів. Під час замішування тіста, варіння макаронних виробів вільна вода поглинається білковими колоїдними системами і перетворюється на зв'язану воду.

Поділ на зв'язану і вільну воду є умовним, так як майже вся вода, що міститься в харчовому продукті знаходиться у зв'язаній формі, але утримується тканинами з різною силою.

Так, за класифікацією П.А. Ребіндера, в основу якої покладена природа та енергія хімічного зв'язку, форми зв'язку вологи з сухими речовинами поділяються на три групи: хімічна, фізико-хімічна і фізико-механічна.

1. *Хімічна форма зв'язку* — молекули води входять до складу речовин в точному кількісному співвідношенні. Для видалення її потрібно інтенсивну обробку теплом, що призводить до руйнування структури матеріалу (зв'язана вода).

2. *Фізико-хімічна форма зв'язку* — адсорбційна та осмотична. Адсорбційно-зв'язана вода утримується силами Ван-дер-Ваальса поверхневих молекул колоїдних речовин (білків і вуглеводів) на межі поділу тверде тіло — вода. Наприклад, в зернових культурах за їх вологості менше 14% вода знаходиться в зв'язаному стані. З підвищенням вологості 14,5–15,5% з'являється вільна вода. Подальше поглинання води зумовлюється силами осмосу і дифузії. Така вода називається осмотичною або структурною. Вона не так міцно зв'язана, характеризує стадію набрякання (вільна вода).

3. *Фізико-механічна форма зв'язку* характерна для води, що заповнює капіляри, великі пори і порожнини в тілах. Капілярами вода утримується з більшою силою (зв'язана вода). Волога, що утримується силами зчеплення, зв'язана з матеріалом найслабкіше і може бути видалена механічним шляхом (вільна вода).

Стан води в харчових продуктах, її причетність до хімічних та біологічних змін характеризується таким показником як *активність води*.

Активність води a_w — це відношення тиску пари води над продуктом (P_w) до тиску пари води над чистою водою (P_0) за тієї ж температури:

$$a_w = \frac{P_w}{P_0} = \frac{ВВП}{100'}$$

де — ВВП відносна вологість продукту в стані рівноваги, коли продукт не сприймає вологу і не віддає її в атмосферу.

Показник активності води (таблиця) краще характеризує вплив вологи на псування продукту, ніж просто значення вмісту вологи. За величиною a_w розрізняють:

- продукти з високою вологістю $a_w = 1,0...0,9$;
- продукти з проміжною активністю $a_w = 0,9...0,6$;
- продукти з низькою активністю $a_w \leq 0,6$.

Активність води (a_w) в харчових продуктах

Продукт	Вологість, %	a_w	Продукт	Вологість, %	a_w
Фрукти	90–95	0,97	Борошно	16–19	0,80
Яйця	70–80	0,97	Мед	10–15	0,75
М'ясо	60–70	0,97	Карамель	7–8	0,65
Сир	40	0,92–0,96	Печиво	6–9	0,60
Джем	30–35	0,82–0,94	Шоколад	5–7	0,40
Хліб	40–50	0,95	Цукор	0–0,15	0,10

Вода в продуктах харчування, її вміст та активність є найважливішими чинниками, що впливають на стійкість продуктів під час зберігання:

- в продуктах з *низькою вологістю* можуть відбуватися процеси окиснення жирів, неферментативне потемніння, втрата водорозчинних речовин, ферментативне псування;

- в продуктах з *проміжною вологістю* — ті ж процеси, а також процеси за участі мікроорганізмів;

- в продуктах з *високою вологістю* — вирішальна роль належить процесам за участі мікроорганізмів.

Більшість бактерій розмножується за $a_w = 0,85...0,95$; плісняві — за $a_w = 0,6...0,8$; дріжджів — $a_w = 0,8...0,9$.

Активність води має велике значення для текстури продуктів. Наприклад, в сухих продуктах (сухе молоко, крекери і т.п.) максимальне значення a_w повинно бути $0,35...0,5$. Для продуктів з м'якою текстурою, що не повинні хрумтіти значення a_w мають бути більшими.

Стан води в м'ясі

М'ясо відносять до продуктів з високим вмістом білкових речовин. М'язова тканина містить до 75 % води. Для характеристики стану та міцності взаємодії тканин м'яса та води використовують так звану *водоутримуючу (водозв'язувальна)* здатність, яка показує частку зв'язаної вологи в загальній кількості води. Кількість зв'язаної води та її розподілення за формами і міцністю зв'язку впливає на властивості м'яса, у тому числі на його консистенцію.

Основними компонентами м'яса є м'язова і сполучна тканини, їх водозв'язувальна здатність має найбільше практичне значення. У м'язовій тканині близько 90 % води є у м'язових волокнах (міофібрилах), інша — в міжклітинному просторі. Отже, водозв'язувальна здатність м'язової тканини залежить насамперед від стану міофібрилярних білків (міозину, актину і актоміозину). У сполучній тканині води міститься менше (50–65 %), більша частина її зв'язана з сполучними білками (колагеном і еластином). Практичне значення має взаємодія води з колагеном.

Розрізняють три основні форми зв'язку води з м'ясом: *адсорбовану, осмотичну і капілярну*. Для кожної форми зв'язку води із структурними елементами характерна своя міцність і свій специфічний вплив на стан м'яса і м'ясопродуктів у процесах переробки і зберігання.

Тенденція білків до зв'язування води пояснюється здатністю полярних груп білкової молекули до взаємодії з її диполями. Розрізняють такі види *адсорбції*:

- іонна адсорбція — взаємодія води із іонізованими (зарядженими) групами бокових ланцюгів: $-\text{NH}_3$ і $\text{COO}-$.

- молекулярна адсорбція — взаємодію води з неіонізованими (незарядженими) групами бокових ланцюгів: $-\text{OH}$, $-\text{SH}$, $-\text{NH}-$ відповідних амінокислот і пептидних груп головних ланцюгів: $-\text{CO}-\text{NH}-$.

Вода, що зв'язується всіма переліченими групами, фіксується адсорбцією, тому її називають *адсорбованою*, а самі групи — гідрофільними центрами.

Число іонізованих груп білка залежно від умов, в яких він перебуває, може змінюватися майже до нуля (в ізоелектричній точці білка), що змінює значення іонної адсорбції. Число неіонізованих полярних груп, як правило, залишається незмінним. Практично незмінним є і значення молекулярної адсорбції. Завдяки цьому зберігається здатність білка зв'язувати певну кількість води і в ізоелектричній точці. Іонна адсорбція характеризується міцнішим іонним зв'язком диполів води із зарядженими групами білка, ніж молекулярна.

М'ясо є складним структурним утворенням, тому його водозв'язувальна здатність залежить також від особливостей структури. З цих позицій виділяють осмотично і капілярно зв'язану воду:

- *осмотично зв'язана вода* — вода, яка вільно дифундує в середині тканин у вигляді рідини через стінки клітин завдяки різниці концентрацій у середині і зовні клітин (низькомолекулярні розчинні речовини, які містить структура тканин створюють у тканинах підвищений осмотичний тиск, сприяють припливу води в тканини);

- *капілярно зв'язана вода* — вода, що утримується системою капілярів (пор), які є в м'ясі невеликого радіуса (10^{-7} м). Капілярна волога переміщується в тканинах як у вигляді рідини так і у вигляді пари. Розрізняють два стани капілярної вологи: стиковий стан, коли вона перебуває у вигляді манжеток (защемлена вода), і канатний стан, коли краплі рідини з'єднуються між собою (защеплені повітрям), утворюючи безперервну рідку плівку, що обволікає дисперсні частини тіла.

Водозв'язувальна здатність м'яса визначає його технологічні властивості й поведінку за різних умов. Вона впливає на водозв'язувальну здатність м'ясопродуктів, вироблених з нього, на їхні органолептичні показники та вихід. Залежно від умов і особливостей технологічного процесу практичні наслідки змін водозв'язувальної здатності м'яса мають свої особливості.

М'ясо, що характеризується високим значенням водоутримуючої здатності, є найкращим для отримання якісної готової продукції. Зменшення гідратації білків за рахунок зниження рН від 6,8 до 5,7–5,8 внаслідок розпаду АТФ та асоціацією білків в комплекси, що спостерігається в стані посмертного задубіння, пояснює суттєве погіршення якості м'ясної сировини. Під час автолізу м'яса зміна частки адсорбованої вологи призводить до перерозподілу води в ньому, внаслідок чого змінюється частка осмотичної вологи. Розморожування,

нагрівання м'яса впливає на кількість м'ясного соку, що відокремлюється. Тому першочергове значення мають зміни адсорбованої зв'язаної води. При заморожуванні або сушінні, коли вода відокремлюється від інших компонентів тканин (кристалізацією або випаровуванням), усі форми зв'язку впливають на хід цих процесів не однаково.

Тому з практичного погляду зручніше характеризувати водозв'язувальну здатність м'яса і м'ясопродуктів, керуючись передусім міцністю зв'язку адсорбованої вологи. Залежно від конкретного значення до міцно зв'язаної вологи належать або більша частина адсорбованої вологи мікрокапілярів, або також частина осмотичної вологи (при сушінні і заморожуванні). До слабкозв'язаної (надлишкової) належить та частина вологи, яка може відокремитися під час технологічного оброблення з негативним впливом на якість і вихід продукту (втрати м'ясного соку при розморожуванні, відтік бульйону при варінні ковбас, тощо).

Знаючи роль форми зв'язку вологи для кожного окремого випадку, можна зумовити зміщення рівноваги у бажаний бік, впливати на здатність складових часточок і структури тканин зв'язувати адсорбовану, капілярну і осмотичну воду.

Вода в тканинах гідробіонтів

Тканини гідробіонтів порівняно з тканинами м'язів теплокровних тварин більш зволожена. Вміст вологи змінюється як у різних видів риб, так і в середині одного виду. Залежить це від статі, віку, нагулу риби — від 52% до 92%.

У тканинах риб вода розподілена нерівномірно: 70–75% усієї води входить до складу плазми. Сполучно-жирова тканина характеризується вмістом від 2 до 25% води. Під час охолодження гідробіонтів до температур нижчих за криоскопічну ($-4...-5^{\circ}\text{C}$) 80...83% загального вмісту води перетворюється на лід, а при -20°C викристалізується до 95% усієї води.

У тканинах риби вода входить до складу колоїдних (головним чином білкових) систем і складає 80...90% загальної кількості. Форма зв'язків води при цьому різна, тому що гідрофільність білків залежить від ступеня їх денатурації та конформації. Не маючи міцного зв'язку з білками, вона може бути достатньо легко відокремлена з тканин риби механічним пресуванням.

Вільну воду розподіляють на воду змочування та воду макрокапілярів. Вода змочування утримується на поверхні риби за рахунок поверхневого натягу і має дуже слабкий зв'язок. Її кількість становить 0,5–7,0% маси риби залежно від ступеня подрібнення. Вода змочування має дуже велике значення для багатьох технологічних операцій — панірування, в'ялення, копчення. Тому багато технологій передбачає допоміжні операції, метою яких є обсушування шматків або тушок риби.

Тканини риби за структурою характеризуються як капілярно-пористі тіла і містять у собі капілярну воду. Вона достатньо міцно зв'язана в тканинах, утворюючи розчин мінеральних та органічних сполук. Під час подрібнення змінюється як структура, так і кількість капілярів, тому вміст капілярної води змінюється. Для рибної сировини характерна певна величина осмотично-

зв'язаної вологи, яка не може бути видалена з її тканин механічним шляхом (пресуванням, центрифугуванням).

Межу між зв'язаною та вільною водою встановити дуже важко, тому що під впливом різних факторів товщина водних оболонки міцел білків може змінюватися. Це є причиною перерозподілу вільної та зв'язаної вологи.

Установлено, що в м'ясі нежирних риб на частку зв'язаної вологи приходить до 7,2% від загального вмісту. Із загальної кількості води 40...45% утримується за рахунок капілярних сил; 45...55% за рахунок осмотичних сил; частка води змочування складає 0,8...2,5%; частка зв'язаної складає 6,5...7,5%.

Вода в молоці та молочних продуктах

Молоко на 86–89% складається із води, більша частина якої (83–86%) знаходиться у вільному стані, лише 3–3,5% знаходиться в зв'язаному. Тому молоко дуже часто використовується як технологічне середовище для варіння макаронних виробів, круп, овочів, та як рідку основу для виготовлення супів та напоїв.

Вільна вода є розчинником органічних (білки, лактоза, кислоти) та мінеральних речовин молока. У розчині знаходяться як одновалентні мінерали, так і до 33% від загального вмісту кальцію. За цих причин у молоці гірше розварюються крупи, оскільки кальцій перешкоджає руйнуванню сольових місточків протопектину.

Молоко має всі форми зв'язку вологи з речовиною. Найбільш міцно зв'язана вода, яка входить до складу молочного цукру — лактози. Вона видалається лише за нагрівання до 125... 130°C.

Фізико-хімічний зв'язок характеризується середньою міцністю та утворюється за рахунок притягання диполів води полярними групами молекул білків, фосфоліпідів, олігосахаридів. За надлишком води та залежно від стану білка, вона здатна до утворення багатошарової гідратної водної оболонки навколо гідроксильних, карбоксильних груп.

Механічно-зв'язана вода має властивості вільної води і утримується комірками та капілярами структури. У капілярно-пористих молочних продуктах, таких як сухе молоко, казеїн, сир — вода заповнює макро- та мікрокапіляри, а також утримується поверхнею продукту (вода змочування). Ця вода дуже слабо зв'язана з продуктом, тому легко висушується та вимерзає.

У кефірі, ряжанці, кислому молоці вільна вода за умов утворення згустку заповнює внутрішні об'єми структурованих систем і механічно утримується в них. Вона легко видалається з цих продуктів під час нагрівання за рахунок коагуляції згустку.

Вода в овочах

Відносна вологість внутрішньоклітинної атмосфери свіжих плодів та овочів складає близько 100%. Оскільки зовнішня атмосфера має, як правило, нижчу вологість, то під час зберігання плоди та овочі в'януть, зменшуючи масу на 5–7% за рахунок випаровування води. Це призводить до зниження пружності овочів.

До втрати вологи в овочах та фруктах призводять різні технологічні фактори. Так, під час подрібнення свіжих овочів руйнуються цілісності мембрани і спостерігається втрата рідкої субстанції. З одного боку це погіршує якість салатів із свіжих овочів та фруктів, з іншого є ключовою технологічною операцією для приготування соків.

Збільшення сили осмотичного тиску ззовні клітин рослинної сировини, наприклад, з додаванням цукру, солі, соусів до свіжих овочів, суттєво змінює осмотичну рівновагу по різні боки мембран і є причиною втрати внутрішньоклітинного соку, що істотно погіршує якість салатів.

КОЛОЇДНО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТІВ

Багато видів сировини і готової продукції є багатокомпонентними змішаними системами, які складаються відповідно не менше ніж з двох фаз — дисперсної фази та дисперсного середовища, що дозволяє розглядати їх в якості об'єктів фізико-хімічних дисперсних систем.

Харчові продукти — дисперсні гомогенні або гетерогенні системи. *Дисперсними* називаються системи, в яких одна речовина у вигляді частинок різної величини розподілена в іншій речовини.

Середовище, в якому знаходиться роздроблена (диспергована) речовина називається *дисперсним середовищем*, подрібнена речовина *дисперсною фазою*.

Дисперсність характеризує ступінь подрібненості частинок. Подрібнення речовини однієї фази в іншу називається *диспергуванням*.

Класифікують дисперсні системи:

- *за агрегатним станом обох фаз*: газовий (Г) — аерозоль, піни; рідкий (Р) — суспензії, емульсії; твердий (Т) — тверда піна, тверді включення в твердих тілах, рідкі включення у твердих тілах;

- *за ступенем дисперсності* системи діляться на три класи:

- **Грубодисперсні** — розмір частинок дисперсної фази $10^{-3} \dots 10^{-5}$ см. Це порошки, суспензії, емульсії. Частинки дисперсної фази помітні в звичайному мікроскопі, вони затримуються паперовим фільтром, з часом осаджуються.

- **Суспензії** — це зависі твердих частинок у рідинах (Р₁ — Т₂).

- **Емульсії** — дисперсні системи, що складаються з двох взаємно нерозчинних рідин, одна з яких розподілена в іншій у вигляді дуже маленьких крапельок (Р₁ — Р₂) (олії у воді або крапельки жиру в молоці).

Дисперсні системи з газоподібним дисперсійним середовищем називають **аерозолями**.

- **Тумани** — це аерозолі з рідкою дисперсною фазою (Г₁ — Р₂), а пил, дим — аерозолі з твердою дисперсною фазою (Г₁ — Т₂).

- **Колоїдні системи** — ступінь дисперсності значно вища, $10^{-5} \dots 10^{-7}$ см. Їх можна розглядати, як мікрогетерогенні системи. Колоїдні частинки не осідають під дією сили тяжіння; проходять крізь паперові, але затримуються ультрафільтрами; невидимі у звичайному мікроскопі, але видимі у електричному мікроскопі (дим, туман). Колоїдні розчини називаються золями. Яскравим

прикладом колоїдної системи є розчини желатину, альбуміну. Розрізняють дві групи колоїдних розчинів: *рідкі (золи) і гелевидні (гелі)*.

▪ **Молекулярно- та монодисперсні системи** (справжні розчини), ВМС. Розмір частинок $10^{-7} \dots 10^{-8}$ см. Ці розчини стійкі, не порушуються. Прикладом таких дисперсійних систем може бути розчин глюкози, сахарози у воді (молекулярно-дисперсна система) і кухонної солі у воді (іонно-дисперсна система). Вони є істинними розчинами.

Значна частина кулінарної продукції являє собою багатокомпонентні змішані дисперсні системи, тобто одночасно є піною та емульсією чи суспензією з можливим пріоритетом одного із типів систем. Кулінарній продукції властиво багато закономірностей, характерних для ідеальних дисперсних систем того чи іншого типу.

Роль поверхневих явищ, які характерні для дисперсних систем і проявляються в технологічних процесах, залежать від дисперсної фази. Помітно ці явища проявляються, якщо розмір частинок дисперсної фази становить менше 10^{-5} м.

Такі вироби як муси, креми, самбуки, соуси на рослинній олії, овочеві пюре і ряд інших при механічному способі їх виготовлення за дисперсністю фази відповідають або близькі до вказаних величин. При ручному подрібненні продуктів, частки дисперсної фази рідко бувають менше $10^{-2} \dots 10^{-3}$ м. Гравітаційну стійкість таких суспензій на практиці підвищують за рахунок збільшення в'язкості дисперсійного середовища, наприклад, при приготуванні супів-пюре використовуються загусники.

Багато природних харчових продуктів, які використовуються у виробництві кулінарної продукції за розмірами розчинних сполук (білки, жири в емульсованому стані і ін.) являють собою системи з досить високою дисперсністю фази.

СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Структурно-механічні, або реологічні властивості харчових продуктів характеризують їх опірність впливу зовнішньої енергії, зумовлену будовою і структурою продукту, враховуються при виборі умов їх перевезення і зберігання, а також формують якість харчових продуктів.

До структурно-механічних властивостей відносять міцність, твердість, пружність, еластичність, пластичність, в'язкість, адгезію, тиксотропію тощо.

Міцність — властивість продукту протистояти деформації і механічному руйнуванню.

Під *деформацією* розуміють зміну форми і розміру продукту під дією зовнішніх сил. Деформація буває *оборотною і залишковою*. При оборотній деформації відбувається відновлення початкової форми після зняття навантаження.

Оборотна деформація може бути *пружною*, коли відбувається моментальне відновлення форми і розміру тіла, і *еластичною*, коли на відновлення потрібно більш-менш тривалий відрізок часу.

Залишковою (пластичною) називається деформація, що залишається після припинення дії зовнішніх сил.

Харчові продукти, як правило, багатокомпонентні системи; їм властива як пружна деформація, яка зникає миттєво, так і еластична, а також пластична деформація. Однак у одних переважають пружні властивості над пластичними, у інших — пластичні над пружними, а у третіх переважаючими є еластичні властивості. Якщо харчові продукти не здатні до залишкової деформації, то вони тендітні, наприклад цукор-рафінад, сушки, сухарі тощо.

Міцність — найважливіших показників якості макаронних виробів, цукру-рафінаду і інших продуктів. Цей показник враховується при переробці зерна на борошно, при подрібненні винограду при виробництві виноградних вин, картоплі при виробленні крохмалю тощо.

Твердість — це властивість поверхневого шару продукту чинити опір пружної і пластичної деформації або руйнуванню при місцевих контактних впливах з боку іншого, більш твердого тіла. Твердість визначають при оцінці якості плодів, овочів, цукру, зерна та інших продуктів. Крім того, твердість може бути об'єктивним показником ступеня їх зрілості.

Пружність — здатність продукту миттєво відновлювати свою первинну форму або об'єм після припинення дії деформуючих сил.

Еластичність — властивість продукту поступово відновлювати форму або об'єм протягом деякого часу.

Показники пружності та еластичності використовують при визначенні якості тіста, клейковини пшеничного борошна, свіжості м'ясних, рибних та інших виробів. Вони враховуються при виготовленні тари, при визначенні умов перевезення і зберігання харчових продуктів.

Пластичність — здатність продукту необоротно деформуватися під дією зовнішніх сил. Властивість сировини змінювати свою форму при переробці і зберігати її в подальшому використовується при виробництві таких харчових продуктів, як печиво, мармелад, карамель тощо.

В результаті тривалого зовнішнього впливу пружна деформація може переходити в пластичну. Цей перехід пов'язаний з **релаксацією** — властивістю матеріалів змінювати напругу при постійній початковій деформації. На релаксації засновано виготовлення деяких харчових продуктів, наприклад ковбасних виробів. З м'яса, що характеризується пружною деформацією, готують фарш, а з нього ковбасу, що володіє властивостями пластичного матеріалу. Певні величини релаксації характерні тільки для продуктів твердодірких структур — сиру, фаршу та інших. Ця властивість харчових продуктів враховується при перевезенні та зберіганні хлібобулочних виробів, плодів, овочів та інших.

В'язкість — здатність рідини чинити опір переміщенню однієї її частини щодо іншої під дією зовнішньої сили. Величина, зворотна в'язкості, називається **плинністю**.

На в'язкість продуктів впливають температура, тиск, вологість або жирність, концентрація сухих речовин і інші фактори. В'язкість харчових

продуктів зменшується при підвищенні вологості, температури, жирності і зростає зі збільшенням концентрації розчинів, ступеня їх дисперсності.

В'язкість — властивість, характерна для таких харчових продуктів, як мед, олії, сиропи, соки, спиртні напої та інші. В'язкість є показником якості багатьох харчових продуктів і часто характеризує ступінь їх готовності при переробці сировини. Вона грає важливу роль при виробництві багатьох продуктів, так як активно впливає на технологічні процеси — перемішування, фільтрування, нагрівання, екстрагування та інших.

Повзучість — властивість продукту безперервно деформуватися під впливом постійного навантаження. Ця властивість характерна для сирів, морозива, коров'ячого масла, мармеладу і інших. У харчових продуктах повзучість проявляється дуже швидко, з чим доводиться рахуватися при їх обробці і зберіганні.

Тиксотронія — здатність деяких дисперсних систем мимовільно відновлювати структуру, зруйновану механічним впливом:

- ізотермічний оборотний перехід золю ↔ гель;
- для високомолекулярних речовин — здатність розплавів та концентрованих розчинів високомолекулярних речовин до ізотермічних оборотних процесів розрідження–згущення під дією деформацій.

Тиксотронія властива дисперсним системам і виявлена у багатьох напівфабрикатів і продуктів харчової промисловості (емульсійні соуси, желейна продукція тощо).

Особливе місце серед структурно-механічних властивостей займають поверхневі властивості, до яких відносять адгезію, або липкість.

Адгезія характеризує зусилля взаємодії між поверхнями продукту і матеріалу або тари, з якими він стикається. Цей показник тісно пов'язаний з пластичністю, в'язкістю харчових продуктів.

Розрізняють два види адгезії:

- специфічна (власне адгезія) — результат сил зчеплення між поверхнями матеріалу;
- механічна — виникає при проникненні адгезиву в пори матеріалу і утриманні його внаслідок механічного заклинювання.

Адгезія характерна для таких харчових продуктів, як сир, вершкове масло, м'ясний фарш, деякі кондитерські вироби та інші. Вони прилипають до леза ножа при розрізанні, до зубів при розжовування.

Зайва адгезія ускладнює технологічний процес, при цьому підвищуються втрати при переробці продукту. Ця властивість харчових продуктів враховується при виборі способу їх переробки, пакувального матеріалу та умов зберігання.

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТІВ

Теплофізичні властивості обумовлюють характер і швидкість протікання процесу нагрівання або охолодження продукту. Знання теплофізичних характеристик потрібно для розрахунків кількості теплової енергії, необхідної

для охолодження або заморожування харчових продуктів при перевезенні, зберіганні та переробці.

До теплофізичних властивостей відносять:

- питому теплоємність,
- коефіцієнт теплопровідності,
- коефіцієнт температуропровідності.

Сьогодні існує більш широке поняття теплофізичних властивостей речовин. До цих властивостей відносять також кількість теплоти, що виділяється або споживаної при фізико-хімічних процесах і функції стану (внутрішню енергію, ентальпію та інші).

Теплоємність характеризує інтенсивність зміни температури тіла при його нагріванні або охолодженні. *Питомою теплоємністю* називається величина, що характеризується кількістю тепла, яке необхідно для нагрівання одиниці маси речовини на 1°C.

На питому теплоємність великий вплив мають вологість, хімічний склад, структура продукту, характер зв'язку води в ньому та інші фактори. З підвищенням температури теплоємність харчових продуктів зазвичай збільшується. Для продуктів з великою вологістю (овочів, м'яса та інші) характерна висока теплоємність, близька за значенням до теплоємності води. Вміст жиру знижує теплоємність продукту.

Коефіцієнт теплопровідності характеризує здатність харчових продуктів проводити тепло. Він залежить від тиску, температури і вологості продукту, а для дисперсних харчових продуктів (борошно, цукор-пісок, крупа і інші) від розміру часток, пористості і об'ємної маси.

Теплопровідність харчових продуктів з високим вмістом вологи (плоди, овочі, м'ясо, риба та інші) близька до теплопровідності води. Невисокою теплопровідністю характеризуються харчові продукти, багаті жирами, і особливо пористі і сипучі матеріали, що пов'язано з присутністю в них повітря.

Коефіцієнт температуропровідності характеризує швидкість вирівнювання температури в різних точках температурного поля. Він є основною тепловою характеристикою і визначається експериментально або розраховується, якщо відомі коефіцієнт теплопровідності, теплоємність і густина матеріалу.

Коефіцієнт температуропровідності обумовлює теплоінерційні властивості продуктів, тобто швидкість їх прогріву або охолодження. Чим вище коефіцієнт температуропровідності, тим швидше відбувається нагрівання або охолодження матеріалу. На температуропровідність впливають вологість, температура, густина, пористість, жирність і інші властивості продукту. Цей вплив строго індивідуальний для кожного харчового продукту. Так, для круп коефіцієнт температуропровідності зменшується зі збільшенням вологості, температури і насипної маси, а для меду – з підвищенням температури зменшується, але з підвищенням вологості збільшується.

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТІВ

До оптичних властивостей харчових продуктів належать ті властивості, які сприймаються зоровими відчуттями: колір, блиск, прозорість, здатність речовин змінювати напрям світлового променя (рефракція), здатність деяких (оптично активних) речовин змінювати напрям поляризованого променя (поляриметрия).

Колір харчових продуктів обумовлений наявністю в них природних або синтетичних барвників – пігментів. Так, *хлорофіл* забарвлює плоди і овочі в зелений колір; забарвлення малини, вишні, сливи, чорної смородини і багатьох інших плодів залежить від наявності в них *антоціанів*; *каротиноїди* – жовто-оранжеві пігменти харчових продуктів; колір м'яса обумовлений наявністю *міоглобіну*.

Колір продуктів залежить від їх здатності поглинати, відбивати або пропускати світлові промені і обумовлений відбитим світлом. При повному відображенні продуктом світлових променів він має білий колір. Наприклад, кухонна сіль, цукор-пісок сприймаються як білі, хоча їх кристали прозорі. Якщо світлові промені повністю поглинаються продуктом, то він здається чорним (чорнослив, маслини, чай). Якщо промені видимого спектру частково поглинаються продуктом, то його забарвлення визначається кольором відбитих променів. Наприклад, колір червоних вин обумовлений тим, що вони поглинають все світлові промені, крім червоних.

Прозорість — важливий показник якості багатьох харчових продуктів, таких як лікєро-горілочаних виробів, вин, фруктових і мінеральних вод та ін. Прозорість характеризує здатність матеріалу пропускати світло. Напої, які рівномірно пропускають весь видимий спектр – безбарвні і прозорі (спирт, горілка). Продукти, які пропускають випромінювання тільки у вузькому спектральному інтервалі — прозорі і пофарбовані (вина, прояснені соки).

Непрозорими є колоїдні розчини, емульсії і суспензії, так як вони значно розсіюють світло.

Рефракція світла — зміна напрямку поширення світлового потоку при переході з одного середовища в інше — лежить в основі визначення якості харчових продуктів. Коефіцієнт заломлення виражається відношенням синуса кута падіння променя до синуса кута заломлення. На показник заломлення впливають температура, склад і концентрація сухих речовин в продукті і ряд інших чинників. Рефрактометричний метод застосовують при дослідженні таких продуктів, як жири, томатопродукти варення, джем і ін.

Оптична активність характеризує здатність деяких речовин змінювати напрям коливань при проходженні через ці речовини поляризованого світла. Вона обумовлена особливостями будови кристалічної решітки у речовин в твердому кристалічному стані або особливостями будови молекул у речовин, оптична активність яких проявляється тільки в розчинах.

Оптична активність речовин характеризується питомою обертання. Під питомою обертанням розуміють кут повороту площини поляризації, який викликається стовпом розчину довжиною в 1 дм при концентрації 1 г речовини

в 1 мл. Питоме обертання залежить від природи речовини, температури, довжини хвилі поляризованого світла і розчинника.

СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Сорбційні властивості характеризують здатність харчових продуктів поглинати з навколишнього середовища пари води і летючі речовини. Ці властивості відіграють велику роль при перевезенні і зберіганні харчових продуктів.

Розрізняють чотири типи сорбції:

- **адсорбцію** — поглинання речовин поверхнею продукту;
- **абсорбцію** — поглинання речовин всією масою продукту;
- **хемосорбцію** — хімічну взаємодію між речовиною і продуктом;
- **капілярну конденсацію** — зрідження рідкої фази в мікро- і макрокапілярів твердих продуктів.

Десорбція — процес, зворотний сорбції і визначає перехід речовин з поверхневого шару в навколишнє середовище.

Сорбція і десорбція парів і газів призводять до зміни якості продукту, який може висихати через нестачу вологи в навколишній атмосфері, набувати неприємного запаху або втрачати аромат при порушенні умов зберігання.

На практиці найбільше значення мають сорбція і десорбція водяної пари. Зволоження харчового продукту, тобто сорбція їм водяної пари, спостерігається тоді, коли парціальний тиск пари у поверхні продукту менше парціального тиску пари в повітрі.

Процес випаровування (десорбція) відбувається при більшому тиску парів у поверхні продукту в порівнянні з тиском пари в повітрі. Якщо тиск пари в повітрі і в навколишньому середовищі рівні, то настає стан динамічної рівноваги. Вологість продукту, відповідна стану рівноваги, називається *рівноважною вологістю*. Вона залежить головним чином від хімічного складу і стану продукту, а також від відносної вологості і температури повітря.

Гігроскопічність — якість продуктів поглинати вологу з навколишнього середовища і утримувати її капілярами і всією поверхнею. Гігроскопічність харчових продуктів залежить від їх структури і складу, а також від температури і вологості навколишнього середовища. Як правило, порошкоподібні харчові продукти (сухе молоко, кава), чай, сушені фрукти і овочі відрізняються високою гігроскопічністю.

Значно підвищує гігроскопічність продукту вміст у ньому речовин, здатних активно поглинати пари води з навколишньої атмосфери. До таких речовин відносяться фруктоза, яка обумовлює гігроскопічність меду, солі кальцію і магнію, присутні в якості домішок в кухонній солі і зумовлюють її гігроскопічність.

Вміст гігроскопічної вологи в продукті залежить від відносної вологості повітря, що характеризує ступінь насичення його водяними парами. *Відносна вологість повітря* — це відношення абсолютної кількості вологи в повітрі до тієї кількості, яка необхідна для його насичення при даній температурі.

Таким чином, харчові продукти характеризуються комплексом простих і складних властивостей – хімічних, фізичних, технологічних, фізіологічних. Сукупність цих властивостей визначає їх корисність для людини, тобто споживчі властивості. Корисність продуктів харчування характеризують їх харчова, біологічна, фізіологічна, енергетична цінність, доброякісність, органолептичні властивості.

Питання для самоконтролю

1. Харчові продукти та їх склад.
2. Нутрієнтний склад харчових продуктів, есенціальні нутрієнти.
3. Загальна характеристика аліментарних речовин харчових продуктів.
4. Загальна характеристика неаліментарних речовин харчових продуктів.
5. Характеристика технологічних процесів, їх класифікація.
6. Функціонально-технологічні властивості харчових продуктів.
7. Сутність основних технологічних принципів виробництва харчових продуктів.
8. Загальна характеристика функціонально-технологічних властивостей харчових продуктів.
9. Вода, форми зв'язку води з матеріалом та зміни їх під час перероблення та зберігання харчових продуктів.
10. Вміст води в окремих харчових продуктах, її вплив на енергетичну цінність готових виробів, активність біохімічних та мікробіологічних процесів.
11. Дисперсні системи харчових продуктів. Драглі, їх характеристика і властивості.
12. Структурно-механічні властивості основних складових сировини та зміни у процесі технологічної обробки.
13. Теплофізичні властивості та їх показники.
14. Оптичні властивості та їх показники.
15. Сорбційні властивості та їх показники.

БІЛКИ, ЖИРИ, ВУГЛЕВОДИ. ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТА ЗБЕРІГАННІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Білки або *протеїни* – високомолекулярні азотовмісні сполуки, молекули яких побудовані із залишків α -амінокислот. Термін "протеїн" в перекладі з грецької означає "первинний", що відображає головуючу роль білків в природі. У природі існує 10^{10} різних білків. Вони становлять основу усіх живих організмів, починаючи від вірусів і закінчуючи людиною. Величезна різноманітність білків зумовлена здатністю двадцяти α -амінокислот взаємодіяти одна з одною з утворенням полімерних молекул. Білки належать до незамінних, есенціальних речовин, без яких неможливе життя, ріст та розвиток організму.

Білки класифікуються за:

- 1) *походженням*: рослинні, тваринні, вірусні, бактеріальні;
- 2) *знаходженням*: м'язові білки, білки молока, яєць і т.д.;
- 3) *будовою молекул*: глобулярні, фібрилярні;
- 4) *хімічним складом*: прості і складні;
- 5) *розчинністю*.

БІОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ БІЛКІВ

1) **каталітична** полягає в тому, що білки (ферменти) прискорюють біохімічні реакції в процесі обміну речовин;

2) **структурна** – білки є основою сполучення між клітинами (*колаген* - входить до складу шкіри, сухожиль, хрящів; *еластин* - входить до складу зв'язок та шкіри; *кератини* - входять до складу шкіри та її похідних (волосся, нігтів, пір'я));

3) **рухова**, яку виконують особливі білки (*актин* і *міозин*), які беруть участь у всіх видах руху клітини та організму;

4) **транспортна** – перенесення по крові гормонів, газів (*гемоглобін* і *міоглобін*), заліза, залишків жирних кислот (*альбумін* крові), та ін.; активний транспорт багатьох речовин через клітинну мембрану;

5) **регуляторна** – регулювання швидкості біохімічних процесів (гормони гіпофізу, підшлункової залози, які є білками або похідними амінокислот); білки є регуляторами зчитування спадкової інформації з ДНК;

6) **захисна** функція білків полягає у синтезі антитіл у відповідь на появу чужорідних молекул (антитіла зв'язують і знешкоджують їх); одним із білків, що виконує таку функцію є білок *інтерферон*, що знешкоджує чужорідну нуклеїнову кислоту;

7) **енергетична** – білки можуть бути джерелом енергії для людини, так в результаті повного окиснення 1 г білка виділяється біля 17 кДж енергії, проте білки не відкладаються про запас – надмірна кількість білків, що надійшла до організму, витрачається для отримання енергії; крім того, під час розщеплення білків вивільняється токсичний продукт – аміак, на детоксикацію якого

витрачається енергія. Половина з амінокислот, які утворюють білки, в організмі людини не синтезується і повинна надходити з їжею, тому використання білків як джерела енергії є для організму вимушеним, пов'язаним із незбалансованим вмістом в їжі амінокислот, необхідних для побудови білків;

Білки неможливо замінити іншими речовинами, їх роль в організмі людини є надзвичайно важливою і необхідність білків для організму людини пояснюється наступним:

– *білок потрібний для росту і розвитку*, так як він є основним будівельним матеріалом для утворення нових клітин;

– *білок управляє обмін речовин (метаболізмом)*: за фізичного навантаження в м'язовій тканині спочатку відбувається процес розпаду речовин – катаболізм (дисиміляція), під час якого вивільняється енергія, а потім – зворотний процес – анаболізм (асиміляція), за якого енергія запасається;

– *білки справляють сильну динамічну дію на метаболізм*: після їди швидкість метаболізму зростає, так наприклад, якщо їжа багата вуглеводами, метаболізм прискорюється на 4%, якщо білками – на 30%;

– *білки регулюють водний баланс в організмі* (завдяки своїй гідрофільності – здатності притягувати воду): у здорових людей білки у поєднанні з деякими мінеральними речовинами регулюють вміст води в різних ділянках тіла; нестача білків в їжі позначається на його вмісті в крові – вона збіднюється білками, в результаті чого вода із крові переходить в міжклітинний простір і в такому випадку вода не видаляється нирками, що призводить до виникнення набряків;

– *білки підсилюють імунну систему*, синтезуючи антитіла, які борються з інфекцією, ліквідовуючи загрозу захворювання.

Білки в продуктах рослинного і тваринного походження відрізняються за своїм складом та біологічною цінністю.

Прості білки — білки, які побудовані тільки із залишків α -амінокислот. До простих білків належать:

▪ *альбуміни* — дуже поширені в тваринних та рослинних організмах, є складовою частиною крові, м'язів, молока; вони транспортують у крові різні речовини (вітаміни, іони металів, гормони), виконують антитоксичну функцію;

▪ *глобуліни* — в організмі людини та тварин виконують роль антитіл; до них належать лактоглобулін молока, фібриноген крові, більша частина білків насіння бобових;

▪ *гістони і протаміни* — є основними білками ядра клітини і утворюють основну масу білкової частини нуклеопротейідів;

▪ *склеропротейіни* — білки опорних тканин (хрящів, кісток), волосся;

▪ *глютеліни* — становлять основну масу білків зернових культур.

Складні білки — мають білкову частину, що складається із залишків амінокислот, і небілкову, що може бути представлена іонами металів, ліпідами, вуглеводами, залишком фосфорної кислоти.

Їх класифікують за небілковою частиною:

- *нуклеопротеїди* — небілкова частина: нуклеїнові кислоти РНК та ДНК; білкова: протаміни та гістони;
- *хромопротеїди* — в небілковій частині містять пігменти, до таких білків належать гемоглобін, міоглобін (білок м'язів), а також хлорофіл;
- *фосфопротеїди* — в небілковій частині мають залишок фосфорної кислоти: казеїн молока, вітелін (білок жовтка яєць), іхтулін (білок ікри риб);
- *ліпопротеїди* — небілковою групою є ліпід: ліпопротеїди (розчинні у воді), протеоліпіди (жиророзчинні);
- *глікопротеїди* — небілковою частиною є вуглеводи та їх похідні (гексуронова кислота, глікогенні амінокислоти);
- *металопротеїди* — комплекси білків з важкими металами: феритин — містить до 20% Fe, є основною формою запасу заліза в організмі і синтезується в печінці; церулоплазмін містить 0,34% міді.

Глобулярні білки — це білки, в молекулах яких поліпептидні ланцюги щільно згорнуті в компактні кулясті структури (глобули).

Це альбуміни та глобуліни сироватки крові, білки молока, яєць, які мають форму кулі. Правильної форми глобули не бувають, найчастіше вони мають еліпсоїдну або овальну форму.

Фібрилярні білки — це білки, які утворені поліпептидними ланцюгами, що розташовані паралельно один одному уздовж однієї осі і утворюють довгі волокна (фібрили). Вони є нерозчинними у воді. Фібрилярні білки — це велика група білків, що є основними структурними елементами сполучної тканини (колаген, кератин, еластин, кератин, міозин, фібрин, та ін.).

Колаген — основна складовою частиною з'єднувальної тканини. Більшість його знаходиться в сухожилках, зв'язках, шкірі, кістках, хрящах. Колаген є у всіх багатоклітинних організмах, окрім рослин. Під час варіння м'язової тканини частина пептидних зв'язків у колагені піддається гідролізу, утворюється суміш пептидів, що називається *желатином*.

Еластин — це структурний білок еластичних волокон, який міститься в сполучній тканині (в шкірі, стінках кровоносних судин, зв'язках і легенях). Волокна еластину здатні розтягуватися в кілька разів у порівнянні з попередньою довжиною та повертатися в початковий стан після усунення навантаження. Молекули еластину мають форму закручених спіралей, які здатні як скручуватися, так і розкручуватися в безмежну кількість разів. Молекула еластину дуже близька за будовою до колагену, але є відмінності в амінокислотній послідовності.

Кератин — входить до складу сполучної і покривної тканин, волосся, пір'я, рогів.

Скорочувальні білки — актин і міозин, які утворюють у м'язових клітинах скорочувальні комплекси.

Транспортні білки утворюють комплекси з речовинами, які вони транспортують між тканинами або через мембрану. До таких білків належать

дихальні білки, що переносять кисень. Гемоглобіни і міоглобіни містять іони Fe^{2+} у складі небілкової частини — гему.

Захисні білки — це імуноглобуліни, які виробляються клітинами імунної системи лімфоцитами і входять до складу сироватки крові та інших позаклітинних рідин, а також поверхні деяких клітин, наприклад, лімфоцитів. Організм виробляє антитіла на чужорідні білки, полісахариди, інші речовини. Антитіла проявляють високу специфічність до свого антигену.

Функціональні властивості білків — це такі фізико-хімічні характеристики білків, що визначають їх поведінку під час переробки в харчові продукти і забезпечують певну структуру, технологічні і споживчі властивості.

З метою забезпечення стабільності технологічного процесу, поліпшення якості і розширення асортименту харчових виробів здійснюють регулювання функціональних властивостей.

Завдяки унікальним функціональним властивостям білки у виробництві харчових продуктів застосовуються як:

- важливо необхідна складова біологічної цінності харчового продукту;
- необхідний технологічний компонент із певними технологічними властивостями;
- лікувально-профілактична добавка.

До найбільш важливих функціональних властивостей білків відносяться:

- розчинність;
- водо- та жирозв'язувальна здатність;
- здатність стабілізувати дисперсні системи (емульсії, піни, суспензії);
- здатність утворювати желе;
- плівкоутворювальна здатність;
- адгезійні і реологічні властивості (в'язкість, еластичність);
- здатність до текстурування.

Розчинність білків є одним з основних, найважливіших показників функціональності білків та технологічних властивостей білковмісних продуктів.

Розчинність є первинним показником оцінки функціональних властивостей білків, характеризується кількістю білка, що переходить в розчин і визначається:

- *коефіцієнтом розчинного азоту (КРА)* — кількість азоту, що перейшов у розчин (відсоток від загального);
- *коефіцієнтом диспергованості білка (КДБ)* — кількість білка, що перейшов в розчин (відсоток від загального змісту його в продукті).

Білки з високою *гідрофобністю* — добре взаємодіють з *ліпідами*, з високою *гідрофільністю* — добре взаємодіють з *водою*.

Розчинність білків залежить від рН середовища і присутності солей.

Залежність розчинності білків від рН середовища:

- за рН, що відповідає ізоелектричній точці, білки мають найменшу розчинність, оскільки сумарний заряд на їх молекулах дорівнює нулю і частинки

позбавлені здатності відштовхуватися за рахунок електростатичних взаємодій з молекулами розчинника;

- у кислому або лужному середовищі, навпаки, забезпечується взаємодія протилежно заряджених іонів розчинника (H⁺ або OH⁻ відповідно) з поверхнями білкових часток, заряджених позитивно в кислому середовищі і негативно в лужному, а значить і перехід білків в розчин.

Залежність розчинності білків від концентрації солей:

- під час додавання невеликих кількостей солей розчинність збільшується, оскільки іони перешкоджають електростатичній взаємодії бічних груп білка між собою;

- високі концентрації солей, що знижують гідратацію поліпептидних ланцюгів, навпаки, посилюють гідрофобні білок-білкові взаємодії і призводять до випадання білка в осад (висолювання).

Білки мають вибіркочу розчинність: в одних рідинах високомолекулярні сполуки (ВМС) розчиняються, в інших – ні. Наприклад, желатин розчиняється у воді, але не розчиняється у спирті.

Протеїни поділяють за розчинністю на 4 групи:

- *альбуміни* – білки, які розчинні у воді (наприклад, овальбумін яйця, лейкодин пшеничних зародків, леґумелін гороху);

- *глобуліни* – білки, розчинні у водних розчинах різних солей (складають більшу частину білків насіння бобових – леґумін гороху, фаролін квасолі, гліцинін сої, едестін коноплі);

- *проламіни* – білки, розчинні в 60–80 % водному розчині етилового спирту.

- *глутеліни* – білки, розчинні в розчинах лугів (0,2 %), містяться в насінні злакових (глутенін пшениці).

Водозв'язувальна здатність білків (або гідратація) характеризується адсорбцією води за участю гідрофільних залишків амінокислот (білки зв'язують воду, набухають, збільшуються їх маса і об'єм). В результаті гідрофільної і гідрофобної гідратації кількість адсорбційно зв'язаної води для білків коливається від 0,2 до 1,0 г на 1 г білку, частіше 0,3–0,4 г/г.

Основна частина води являється *слабозв'язаною* і її можна розглядати як структурно-зв'язану вологу (осмотично, капілярно і імобілізаційно зв'язана волога).

Слабозв'язана волога може втрачатися в процесі зберігання продуктів, або при інших рівних умовах за рахунок дефіциту вологості в приміщенні. Вона може поглинатись за рахунок потенціальної здатності білків до набухання. Наприклад, при додаванні вологи до м'ясного фаршу за рахунок додаткового набухання актоміозинового білкового комплексу, який виділяється із зруйнованих м'язових волокон.

Здатні зв'язувати вологу також білкові системи, попередньо обезводнені тим або іншим способом. Наприклад, волога поглинається при вимочуванні оселедців, при відновленні сублімованих білкових продуктів або продуктів з проміжною вологістю.

Здатність білків до набухання залежить від рН середовища:

■ чим більше рН середовища відхиляється від ізоелектричної точки білку, тим більше підвищується його розчинність і відповідно набухаємість і здатність зв'язувати вологу.

Так, відомо, що підкислене середовище при маринуванні м'яса сприяє набухання колагену. В значних кількостях поглинається волога білками клейковини, а також білками зернобобових культур при замісі тіста або промиванні та замочуванні круп, бобових за рахунок *іонної гідратації*.

Позитивний вплив *солі* на гідратацію білкових систем проявляється також в результаті підвищення в системах осмотичного тиску і збільшення розчинності глобулінів.

Висока здатність білків утримувати воду в харчових продуктах (м'ясних, хлібобулочних та інших) підвищує їх вихід, подовжує терміни зберігання і покращує текстуру. Денатуровані білки мають знижену водозв'язувальну здатність і їх застосування негативно позначається на якості продукції.

Жирозв'язуюча здатність білків характеризується адсорбцією жиру за рахунок гідрофобних залишків. Загальна кількість жиру на поверхні досягає 0,2–0,4 г на 1 г білків. Жирозв'язувальна здатність білків залежить не лише від особливостей амінокислотного складу і структури, але і від способу обробки, рН середовища, температури і присутності вуглеводів, ліпідів і інших білків.

Висока жиротримувальна здатність білків забезпечує ніжну і однорідну текстуру виробів, виключає відділення жиру, зморщування виробів, зменшує втрати під час теплової обробки.

Жироемульгуючі властивості білка — утворення білком на поверхні крапель жиру (за рахунок гідрофобної взаємодії) тонкої плівки, яка притягує воду (за рахунок полярних груп) і протидіє злипанню жирових частинок. Присутність в одному білковому ланцюзі гідрофобних і гідрофільних угруповань забезпечує розподіл молекул на межі поділу фаз *вода-олія* і *вода-газ*. Орієнтація гідрофільних груп білка до води, а гідрофобних — до олії на межі поділу фаз у вигляді міцного адсорбційного шару знижує поверхневий натяг в дисперсних системах і робить їх агрегативно стійкими і одночасно в'язкими.

Найбільш поширеними є харчові емульсії «олія у воді» і «вода в олії», що називаються, відповідно, прямими і зворотними. Усі види емульсій з білком отримують механічним диспергуванням однієї рідини в іншій за допомогою мішалок, гомогенізаторів, що забезпечують деформацію дисперсійного середовища з утворенням дрібних часток. На основі жироемульгуючих властивостей рослинні і тваринні білки застосовуються у виробництві хлібобулочних, борошняних кондитерських виробів, низькокалорійного маргарину, майонезу, паст, м'ясних продуктів.

Піноутворення білків

Піноутворення пов'язане зі здатністю білків утворювати висококонцентровані системи *рідина* — *газ*, *тверде тіло* — *газ* у вигляді піни.

Білки виконують функцію піноутворення в кондитерській промисловості (суфле, пастила), у випіканні хліба, у виробництві пива.

Поверхня газових пухирців покриває рідка або тверда оболонка, що складається із білків. У випадку, коли ця оболонка стоншується, газові пухирці лопаються, відбувається коалесценція або з'єднання пухирців, піна стає пухкою, менш стійкою.

Піни отримують механічним розподілом повітря в розчині білка шляхом збивання або за рахунок закипання води, зниження тиску, забезпечення хімічних і мікробіологічних процесів у білкововмісних харчових системах. Так, білки клейковини утворюють піну в хлібному тісті під дією діоксиду вуглецю в ході бродіння, а в кондитерському — за рахунок хімічних розпушувачів під час виділення аміаку і діоксиду вуглецю. Піноутворювальні властивості є основою виробництва збитих кондитерських виробів (бісквітів, десертів, кремів тощо).

Піноутворювальні властивості білків характеризуються такими показниками:

- *пінотворна здатність* — вимірюється об'ємом піни, віднесеним до маси білку;

- *стабільність піни* характеризується періодом її напіврозпаду, тобто часом, необхідним для руйнування половини об'єму піни.

Обидва показники залежать від рН середовища, концентрації білку, солей, температури, присутності ліпідів, сахарози, харчових волокон, фракційного складу і будови білків. Стійкість структури піни є важливим фактором підвищення якості харчових продуктів.

Желеутворювальні властивості білків характеризуються здатністю їх колоїдного розчину із вільнодиспергованого стану переходити у зв'язано-дисперсний (з утворенням систем, що мають властивості твердих тіл — гель, драглі).

Пружні властивості желе, що зумовлені утворенням просторової сітки взаємодіючих молекул білка, залежать від:

- мінімальної його концентрації, за якої настає желеутворення (желе-точки);

- рН середовища;

- присутності інших білків, солей, полісахаридів.

До фізико-хімічними властивостей желе відносяться:

- міцність, твердість, еластичність;

- тиксотропія (здатність зворотно переходити в текучий стан за механічної обробки і знову утворювати нетекуче желе після зняття навантаження);

- температура розм'якшення і плавлення;

- ступінь набрякання;

- здатність до синерезису (відділення дисперсійного середовища із скороченням об'єму желе);

- сорбція барвників і ароматичних речовин та інших.

Універсальним желеутворювачем є желатин, що дозволяє в широких межах забезпечити регулювання консистенції, хімічного складу і біологічну цінність харчових продуктів.

В'язко-еластично-пружні властивості білків

Характерною властивістю деяких харчових білків є низький рівень полярності функціональних груп. Молекули води, оточуючи частинки білків, відштовхуються, а молекули білків, навпаки, агрегуються з утворенням комплексів з притаманними їм реологічними властивостями (в'язкість, еластичність, пружність). Найбільш виражений комплекс таких властивостей мають білки пшеничної клейковини, що зумовлюють у виробках суцільну текстуру з наповнювачами (зерно, висівки, родзинки). Пружність і еластичність білків зумовлена глютеніною фракцією білків.

Функціональні властивості білків визначаються їх структурою. Наприклад, в'язкість і желеутворювальні властивості залежать від розміру і форми молекул, а водозв'язувальна здатність, піноутворювальні, емульгувальні властивості залежать від співвідношення на поверхні полярних і гідрофобних груп. Тому усі чинники, які змінюють структуру білків, призводять до регулювання їх властивостей.

ПЕРЕТВОРЕННЯ БІЛКІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТА ЗБЕРІГАННІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Регулювання функціональних властивостей білків досягається зміною умов їх виділення, висушування, фізичним, фізико-хімічним впливом, ферментативною і хімічною модифікацією. Параметри обробки можуть змінювати амінокислотний і фракційний склад білків, спричиняти денатурацію, агрегацію або взаємодію з іншими компонентами (ліпідами, вуглеводами).

Основні перетворення білків при виробництві харчової продукції — гідратація, дегідратація, денатурація, деструкція, модифікація.

Гідратація і дегідратація білків

Гідратація — властивість білків зв'язувати значну кількість вологи. При цьому молекули білка утримують воду за рахунок утворення гідратної оболонки та адсорбції (зв'язування молекули води за рахунок водних зв'язків).

У розчинах з малою концентрацією білка (молоко, рідке тісто) білки повністю гідратовані і більше зв'язувати воду не можуть.

У продуктах з малою вологістю (м'ясо, яйця, борошно) білки гідратовані не повністю і можуть зв'язувати додаткову її кількість.

Гідратація білкових речовин має принципове значення з погляду як організації технологічного процесу, так і забезпечення якості готової продукції. Властивість додаткової гідратації має велике значення в технології виробництва продуктів харчування (вироби з тіста, продукція з м'яса, риби, яєць). Від ступеня гідратації залежить властивість борошна утворювати тісто, напівфабрикатів із м'яса і риби утримувати вологу.

Дегідратація білків — це протилежний гідратації процес, тобто процес видалення вологи. Дегідратація відбувається під час сушіння, заморожування і розморожування м'яса та риби, теплової обробки.

Дегідратація є дуже важливим фактором технології, який забезпечує як органолептичні показники білковмісних виробів, так і функціональну активність білкових речовин. Від ступеня дегідратації залежать такі важливі показники, як консистенція готових виробів, їх вологість і вихід.

Розрізняють *оборотну та необоротну дегідратацію*. Як правило, необоротна дегідратація супроводжується денатурацією білків.

Дегідратація білковмісних продуктів може бути наслідком цілеспрямованої дії згідно з технологічним процесом, а також результатом впливу різних небажаних факторів, наслідком яких є втрата функціональних властивостей білків, наприклад розчинності або вологоутримуючої здатності.

Денатурація

Під впливом нагрівання, хімічних речовин (дія кислот, високі концентрації солей, розчинників), інтенсивний механічний вплив, зберігання, випромінювання або їх комплексна дія відбувається **денатурація білків** — *руйнування* третинної і вторинної структури білка.

Глибина денатураційних процесів супроводжується *дегідратацією та деструкцією* білкових речовин, причому, в реальних технологічних процесах неможливо точно встановити причинно-послідовну взаємодію цих процесів та зміну агрегатного стану білків, оскільки ці процеси відбуваються одночасно.

При *підвищенні температури* посилюється тепловий коливний рух окремих залишків амінокислот, водневі зв'язки між ними розриваються і відбувається перегрупування частини амінокислотних ланцюгів. Поліпептидний ланцюг розгортається і формується поновому — відбувається денатурація білка. При *денатурації* змінюється форма молекули білка, його натуральні властивості:

- у результаті перегрупування полярних груп знижується здатність білка зв'язувати полярні молекули води і білки частково втрачають здатність набухати;

- перегрупування активних груп приводить до втрат багатьма білками стійкості проти дії ферментів і білки легше перетравлюються трипсином;

- білки втрачають здатність розчинятися.

Зниження властивості зв'язувати воду (дегідратація) є основною причиною зменшення маси м'яса і риби під час варіння і смаження.

Втрата стійкості проти дії ферментів підвищує засвоюваність білків багатьох продуктів після їх теплової обробки за винятком білка казеїну, який після теплової обробки важче гідролізується травними ферментами (тому м'який сир протирають при приготуванні запіканок, пудингів, суфле).

В результаті денатурації *глобулярних білків* відбувається **агрегація (згортання) білків** — в результаті руйнування водневої захисної оболонки на поверхні білкових молекул під час денатурації, частинки легко з'єднуються одна з одною і збільшуються.

Денатурація і агрегація білкових систем відбуваються на їх гідратаційних властивостях. На стадії денатурації сумарна гідрофільна і гідрофобна гідратація білку може не тільки не знизитися, але й зрости. (наприклад, для яєчного альбуміну та гемоглобіну).

Водоутримувальна здатність білкових систем за рахунок інших форм зв'язку (осмотична і капілярно зв'язана, а також іммобілізована волога) залежить від характеру згортання білкових систем.

Згортання буває трьох видів:

- якщо концентрація білків була незначною, то згорнуті білки утворюють *пластівці* (на поверхні м'ясних, рибних і овочевих відварів);
- якщо концентрація білків була великою, то при згортанні вони утворюють *гель* (щільна студениста маса, наприклад білки яєць);
- якщо білок в продукті знаходиться вже у вигляді гелю, то при згортанні він ущільнюється і виділяється рідина.

У *фібрилярних білках* поліпептидні ланцюги витягнуті і зв'язані один з одним водневими зв'язками. При нагріванні рух поліпептидних ланцюжків посилюється, водневі зв'язки між ними розриваються, що призводить до двох характерних явищ:

- волокна білка розриваються на окремі ланцюги амінокислот (*дезагрегація*);
- амінокислотні ланцюжки скорочуються за рахунок розриву внутрішніх зв'язків (*зварювання*).

Глибина денатураційних змін білкових систем залежить від режимів обробки продуктів. Нагрівання продуктів до більш високих температур і збільшення тривалості обробки при підвищених температурах сприяє зростанню денатураційних змін білків. Разом з тим, харчові продукти, доведені за допомогою теплової обробки до готовності, завжди мають деяку кількість неденатурованих білків.

Так як в процесі денатурації білків приймає участь вода, то процес залежить від ступеню гідратації і розчинності білків. Зсув значень рН середовища в ту чи іншу сторону від ізоелектричної точки білку підвищує його розчинність і температуру денатурації.

Деструкція білка — це руйнування первинної структури білка.

Глибина деструкційних процесів залежить від багатьох технологічних факторів:

- *хімічних факторів* (хімічна модифікація) — можливі порушення на рівні первинної структури, що є проявом деструкції;
- *ферментів* (автолітичне дозрівання м'яса або риби, ферментативна модифікація, наприклад при виробництві сиров'ялених ковбас, ковбас типу саямі) — при цьому змінюється консистенція, збільшується ніжність та інші якісні показники;
- *температури, тиску* (руйнування білкового компонента в реакції меланоїдиноутворення; утворення аромату при смаженні, випікання чи запіканні — амінокислотний залишок у процесі окислювального дезамінування та декарбоксілювання розпадається на альдегід, вуглекислий газ, аміак; глютин у присутності вологи за тривалої термообробки (температури, тиску) деградує до низькомолекулярних желатоз.

Кінцевий склад сполук у процесі деструкції білків різний і залежить як від виду білка, так і режиму обробки. Поруч з амінокислотами, пептидами утворюються такі летючі продукти, як аміак, сірководень, фосфористий водень, вуглекислота, вода, альдегіди, кетони та інші. Цим речовинам притаманне утворення певної суміші ароматичних речовин, які беруть участь у формуванні смаку та запаху готової до вживання продукції.

Оскільки при деструкції частина білка руйнується, що призводить до зміни його харчової та біологічної цінності. Однак деструкція білків стала важливим технологічним етапом і зумовлює обґрунтування багатьох параметрів технологічного процесу.

Модифікація білків — вплив на структуру білка, що призводить до зміни цілого комплексу його фізико-хімічних властивостей.

Модифікація відкриває шлях до цілеспрямованого регулювання функціональних властивостей білкових систем у технології харчових продуктів.

Виділяють три основні напрямки в регулюванні функціональних властивостей харчових білків, які можуть бути успішно використані комплексно:

- *хімічна модифікація;*
- *ферментативна модифікація;*
- *фізико-хімічна модифікація.*

Вивчення функціональних властивостей білків дає можливість модифікації структури білка, перетворювати білки з іншими структурними характеристиками, наприклад, глобулярні у фібрилярні.

Структура природних фібрилярних білків є еталоном під час отримання м'ясоподібних систем із протеїнів рослинного походження (наприклад, взаємне розміщення молекул желатину в гелях).

Білки, що здатні до гелеутворення, повинні мати компакту структуру з гнучкими поліпептидними ланцюгами, які можуть взаємодіяти між собою та утворювати сітку в просторі за рахунок сил побічної валентності (водневих зв'язків, електростатичних та гідрофобних взаємодій). Ці процеси залежать від умов середовища: рН, концентрації солі, температури.

Особливість структури білків пшеничної клейковини забезпечує утворення зчепленої еластичної системи за рахунок виникнення значної кількості міжмолекулярних дисульфідних зв'язків, які з'єднують багато поліпептидних ланцюгів у одну гігантську молекулу. Така структура потрібна для утворення тіста та отримання виробів необхідної якості і її можна регулювати шляхом відновного розщеплення або окислювального замикання дисульфідних зв'язків.

Наведені приклади підтверджують, що структура білка сильно впливає на його характеристики та визначає функціональні та технологічні властивості білковмісних продуктів.

Хімічна модифікація здійснюється за рахунок кислотного або лужного гідролізу білків, стабілізації білків шляхом солеутворення, ацилування тощо.

Хімічна модифікація допомагає регулювати гідрофільно-ліпофільний баланс білкової системи шляхом введення за допомогою реагентів додаткових функціональних груп, змінювати сумарний заряд білка, що в цілому регулює і розширює спектр використання білковмісних продуктів.

Приклади хімічної модифікації

- отримання амінокислот, що використовуються у новітніх харчових технологіях;

- отримання рибних білкових концентратів шляхом лужного гідролізу та солюбілізації, що дозволяє отримати необхідну розчинність, емульгуючі та піноутворюючі здатності;

- деструкція глобулярних білків бобових та сої (дисоціації при критичних значеннях рН та діалізу великої іонної сили) визначає нові функціональні властивості білка — здатність до гелеутворення, більш характерну для гнучких фібрилярних білків, що дозволяє утворювати гелі та імітувати м'ясоподібні системи та модифікувати їх властивості.

Можливість *солюбілізації* білків шляхом солеутворення впливає з їх основних властивостей як полімерних амфолітів, здатних до взаємодії з катіонами та аніонами. Можливі два види взаємодії — утворення сольових «місточків» та специфічна сорбція іонів на поверхні білка. При цьому утворюються *протеїнати*, які характеризуються значно більшою розчинністю у порівнянні з нативними або знесоленими білками.

Зміна розчинності білків пов'язана зі специфічною взаємодією іонів, наслідком чого є зміна заряду білка на поверхні молекули та його конформації, які й забезпечують підвищену розчинність та більш високий ступінь гідратації. Підвищенню розчинності білка також сприяє зміна іонної сили розчинів.

Найбільш широко із солей-модифікаторів використовують хлорид натрію та неорганічні фосфати. Так, регулюючи здатність м'ясних рецептурних композицій до вологоутримання, використовують хлорид натрію, піро- або триполіфосфат натрію, які підвищують розчинність міофібрилярних білків. Відомо, що поліфосфати відносно білків характеризуються антиденатураційними, антисептичними, антиокислювальними властивостями, а також виступають у ролі кріопротекторів.

Модифікація білків шляхом ацилування оцтовим або янтарним ангідридами є одним із найпоширеніших прийомів хімічної модифікації білків. Результатом такої модифікації є зрушення ізоелектричної точки білка до більш кислої зони. Це дає змогу навіть за низьких ступенів модифікації значно покращувати такі технологічні показники, як розчинність, здатність до емульгування та піноутворення.

В технологічній практиці ацильовані казеїни молока використовуються як емульгатори та стабілізатори емульсій, загущувачі напоїв, соусів, плодкових та овочевих пюре. Риб'ячі білки використовуються як емульгатори, сполучні речовини та речовини, що утворюють гелі під час термообробки.

Зміна структури білка можлива шляхом нагрівання. Розпад білка на субодиниці, їх часткове розгортання та агрегація приводить, за оптимальних умов, до утворення білкових гелів. Але стабільність отриманих гелів залежить від утворення дисульфідних містків між поліпептидними ланцюгами.

Ферментативна модифікація білків дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру білка в різних напрямках: підвищення розчинності, емульгуючої здатності, стимулювати здатність білка до піноутворення, стабілізації пін та емульсій.

Ферментативна модифікація білків включає:

- ферментативний гідроліз;
- пластеїнова реакція.

Ферментативний гідроліз — найбільш ефективний метод підвищення розчинності білка під дією протеїназ (пепсин, папаїн, протеїназа). Однак, поряд із підвищенням його розчинності відбувається накопичення пептидів гідрофобного характеру.

Незважаючи на складність управління ферментативними процесами, вони мають певну перспективу, бо не призводять до втрат харчової цінності, не погіршують засвоєння білків.

Особливий ефект досягається за поєднання ферментативного процесу та хімічної модифікації, наприклад *сукцинування*. Ферментигідролізатори риб'ячого білка, які характеризуються високою піноутворюючою здатністю, у результаті сукцинування втрачають характерний рибний смак, що дозволяє їх використовувати у виробництві кондитерської продукції, морозива та напоїв.

Пластеїнова реакція — зворотний процес ферментативного розщеплення, коли під дією протеолітичних ферментів наново утворюються пептидні зв'язки.

Завдяки тому, що окремі амінокислоти, у тому числі й незамінні, здатні реагувати у формі ефірів, їх можна цілеспрямовано вбудовувати в білки. Чим більшою є гідрофобність, тим швидше амінокислота включається до складу білка або пептиду.

Вбудовуючи триптофан, лізин та метіонін у зеїн — білок кукурудзи, який характеризується низькою харчовою цінністю, вдалося отримати пластеїн з високою біологічною цінністю.

Приклад. Біологічна цінність соєвих білків низька через незначну кількість сірковмісних білків. Шляхом часткового гідролізу цього білка пепсином, змішування його з частковим гідролізатом кератину шерсті, багатим на сірковмісні амінокислоти, і наступної пластеїнової реакції під впливом нагарази отримують пластеїн з харчовою цінністю, близькою до казеїну.

Дуже цікавими є властивості пластеїнів, що отримані завдяки включенню глутамінової кислоти. По-перше, глутамінові кислоти, які отримано з соєвих білків, розчинні за будь-яких значень рН і стійкі до термічної коагуляції. По-друге, вони отримали визначений смак термообробленого м'яса, що є характерним для глутамінату натрію.

Фізико-хімічна модифікація білкових систем включає наступні види:

- *комплексоутворення* з природними біополімерами (білками, полісахаридами тощо) та мономерними сполуками (вуглеводами, ліпідами);
- *механічну дію* різного роду;
- *термічну дію* тощо.

Комплексоутворення за типом білок-білок-взаємодія дозволяє отримувати високоцінні білкові суміші, які зберігають високі функціональні властивості перших. Зернові добавки до м'ясного, рибного фаршу у вигляді борошна пшениці, рису, бобових та інших в кількості від 10 до 30% завдяки комплексоутворенню забезпечує мінімальну втрату вологоутримуючої здатності під час термообробки.

Високими функціональними властивостями характеризуються *білки та вуглеводи*. Так, здатність сахарози підвищувати температуру коагуляції білків яєць широко використовується в технології кондитерських виробів, десертів.

Під час спільного висушування риб'ячих білків з моноцукрами утворюються комплекси, які характеризуються високою розчинністю. Розчинність одночасно залежить від природи цукрів та їх концентрації в рибному фарші. За впливом на розчинність продукту з риб'ячим білком найбільшою ефективністю характеризується глюкоза, менше впливові сахароза, фруктоза. Аналогічно стабілізують риб'ячі білки гліцерин та модифікований крохмаль. За функціональними властивостями відновлені рибні фарші з добавками близькі до свіжовиготовлених. Але вони потенційно можуть втратити харчову цінність внаслідок реакції меланоїдиноутворення.

Білки разом з ліпідами здатні до комплексоутворення, утворюються білково-жирові емульсії, які підлягають денатурації значно меншою мірою, що використовується під час виготовлення фаршевих ковбасних виробів.

Механічна дія також має певну роль у модифікації властивостей білкових речовин. Так, інтенсивність помолу, спосіб і ступінь помолу є важливими у визначенні якості пшеничного борошна.

Високий ступінь подрібнення м'ясних та рибних фаршів, особливо на колоїдних млинах, призводить до механічної деградації саркомерів міофібрил, наслідком чого є підвищення вологоутримуючої здатності та розчинності.

Режими термічної дії регулюють деякі функціональні властивості м'ясних систем, зокрема вологоутримуючу здатність, ніжність, соковитість виробів. Тривалістю та параметрами термічної обробки регулюють показники якості молочного сиру. Одночасне проведення механічного перемішування в середовищі сироватки призводить до утворення «казеїнового зерна», яке суттєво за органолептичними показниками відрізняється від сиру, отриманого термокислотою коагуляцією, але без перемішування.

Часткова термічна коагуляція риб'ячих білків або термічне заварювання борошна, наслідком чого є часткова денатурація клейковини, змінюють когезію, дозволяють регулювати формуючу здатність та органолептичні показники харчових систем.

ОСОБЛИВОСТІ БІЛКІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗМІНИ ЇХ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Білки яєць

Яйця дуже широко використовуються у технологічних процесах харчових виробництв, мають високу харчову і біологічну цінність.

Функціональні властивості яєць:

- піноутворююча;
- емульгуюча;
- драглеутворююча;
- стабілізуюча.

Технологічні властивості яєць:

- висока спорідненість із іншими продуктами
- добрі смак, колір, консистенція та інші.

Більшість цих властивостей зумовлені унікальними властивостям їх білків. Білки яєць містяться в кожній частині яйця в різному стані. Так, для білків (близько 50%) характерна наявність простих протеїнів, які знаходяться у вільному розчиненому стані, у жовтках (близько 44,3 %) у вигляді комплексних сполук — протеїдів у комплексі з ліпідами, цукрами, фосфором.

Овоальбумін та оовітелін, що становлять найбільшу масу яйця, є найважливішими з його протеїнів.

Овоальбумін — основна фракція білка яєць (3/4 усіх протеїнів), є типовим колоїдом, характеризується амфотерними властивостями, добре розчиняється у воді, слабких розчинах солей, слабких кислотах і розбавлених лугах; утворює дисперсні розчини, які знаходяться у стані фізико-хімічної рівноваги.

Оовітелін — фосфопротеїд, становить 4/5 протеїнової частини жовтка.

Ізоелектрична точка білків яйця знаходиться у кислотній зоні рН 4,55...4,88.

Денатурація яєчних білків може бути викликана такими факторами: температура, сильні кислоти та луги, органічні розчинники (спирт, ацетон), ультрафіолетові промені, γ -промені, звукові хвилі, високий тиск, а також механічна дія (збивання).

Під час денатурації білків яйця виділяють такі стадії:

- внутрішньомолекулярна перебудова, або власне денатурація;
- флокуляція денатурованих молекул, підготовка до коагуляції;
- утворення нерозчинного у воді згустку.

Теплова денатурація настає значно легше у вологому протеїні, аніж у сухому. Швидкість денатурації залежить, головним чином, від температури та рН, а також від концентрації розчину, присутності солей та інших речовин.

Коагуляція яєчного білка відбувається поступово в межах температур від 57,5 до 82,0°C. Чим вища температура, тим швидше відбувається теплова коагуляція. Сахароза, глюкоза та гліцерин пригнічують коагуляцію.

Механічна денатурація яєчного білка відбувається внаслідок струшування розчину протеїну (поверхнева денатурація). Чим вища концентрація білка, тим нижча швидкість денатурації. Швидкість денатурації

значною мірою залежить від рН розчину білка. На протилежність до теплової денатурації, поверхнева денатурація має найбільшу швидкість в ізоелектричній точці овоальбуміну або поблизу неї.

Збивання розчину білка в піну або пропускання пухирців повітря крізь розчин викликає поверхневу денатурацію, подібно до того, як це відбувається під час струшування, так весь білок може бути переведений у нерозчинний стан.

Білки яйця також денатурують під впливом ультрафіолетового опромінювання, високого тиску, звукових хвиль.

Алкоголь справляє на овоальбумін такий же вплив, як і температура. Денатурація настає або в ізоелектричній точці, або поблизу неї і є оборотною за концентрації алкоголю нижче за визначений мінімальний рівень. Якщо концентрація алкоголю перевищує визначений рівень, то швидкість денатурації починає збільшуватися і, зрештою, денатурація стає необоротною.

Під час денатурації відбуваються численні зміни в нативному овоальбуміні — підвищення в'язкості, зниження розчинності, зміна форми молекул, хімічні та біологічні зміни. Молекулярна структура нативного білка упорядкована і компактна, тоді як у денатурованого — безладна та дифузна.

Денатурація викликає також і деструктивні зміни, а саме: виділення азоту та сірки тощо. Денатуровані білки мають специфічні біологічні властивості, вони краще перетравлюються ферментами, ніж нативні.

Білки молока

Білки молока неоднорідні, вони різні за складом, вмістом, фізико-хімічними властивостями, біологічною цінністю та мають різні технологічні властивості.

До *функціональних властивостей білків* молока треба віднести:

- здатність емульгувати жири;
- стабілізувати жирову емульсію;
- підвищувати водозв'язуючу та водопоглинаючу здатність;
- утворювати дрібнопористі піни.

У молоці виділяють дві групи білків, які мають різні властивості — *казеїн* та *сироваткові білки*. Фракції казеїну та сироваткових білків відмінні за молекулярною масою, ізоелектричною точкою, співвідношенням амінокислот, особливостями складу та структури. У розчинах вони знаходяться у вигляді колоїдів, оскільки їх частини мають значні розміри, порівняно з дисперсним середовищем.

Колоїдний стан білків визначає їх легку доступність та перетравлення протеолітичними ферментами. Так, казеїн засвоюється в організмі на 95%, сироваткові білки (альбуміни та глобуліни) — на 97 %.

Білки молока мають високу біологічну цінність завдяки їх амінокислотному складу, збалансованості незамінних амінокислот, хорошему перетравленню та засвоєнню.

Казеїн (складає 75–85 % загального вмісту білка у знежиреному молоці) у молоці знаходиться у вигляді колоїдних частинок - кальцій-фосфат-казеїнового

комплексу (КФКК). Цей комплекс складається з казеїнату кальцію з колоїдним фосфатом кальцію, та з невеликою кількістю лимонної кислоти, магнію, калію та натрію. Головну роль відіграє кальцій, який утворює кальцієві містки, які відіграють суттєву роль в агрегації колоїдних часток казеїну при його сичужному або кальцієвому згортанні. Міцели казеїну стійкі до нагрівання та механічної обробки молока. Стабільність їх залежить від вмісту розчинних солей кальцію, хімічного складу казеїну, активної кислотності та інших факторів. У свіжому молоці за рН 6,6 міцели казеїну мають негативний заряд. Ізоелектрична точка спостерігається для казеїну при рН 4,6–4,7. При доведенні молока до рН 4,6 казеїн випадає в осад.

Сироваткові білки (β -лактоглобулін, α -лактоальбумін, альбумін сироватки крові, імуноглобуліни та ін.) складають 15–25% загального вмісту, залишаються в молочній сироватці і знаходяться в ній у розчиненому вигляді. Під час нагрівання молока до 85–100°C лактоглобулін коагулює, а з солями кальцію утворює молочний камінь.

Ці дві групи білків молока неоднорідні, вони складаються з фракцій, які мають різну розчинність у різних речовинах та за різних умов.

Імунних глобулінів у молоці 2–3%, але в молозиві вони складають 90% від загальної кількості сироваткових білків. Вони термолабільні і денатурують уже під час нагріву молока до температури вище 70°C. Імуноглобуліни молока виконують функцію антитіл.

В процесі технологічної обробки білки молока зазнають значних змін. Теплова денатурація сироваткових білків молока знижує їх розчинність, а також звільняються активні сульфгідрильні групи (-SH) амінокислот. При 65°C починається денатурація альбуміну, яка посилюється зі збільшенням температури та її тривалості. При нагріванні до 95°C весь альбумін денатурує.

Під час швидкої пастеризації (72–76°C з витримуванням 15–20 хвилин) основна частина сироваткових білків зберігає високий ступінь дисперсності та не коагулює з казеїном під час кислотного та сичужного згортання молока. З підвищенням температури теплової обробки (85–87°C з витримуванням 5–10 хв.; за 92–95°C — 2–3 хвилин) відбувається майже повна денатурація та агрегація сироваткових білків, які коагулюють з казеїном. Тому казеїн набуває великої спроможності до гідратації, підвищує зневодненість згустку. Сироваткові білки також беруть участь у створенні структури згустку, надаючи йому твердості.

Казеїн, на відміну від сироваткових білків, має значно більшу термостійкість. Свіже молоко може витримувати нагрів до 150–160°C без явних ознак коагуляції казеїну. З підвищенням кислотності казеїновий комплекс коагулює за більш низьких температур. Молоко з кислотністю 55–60°Т згортається за кімнатної температури.

Одна з важливих технологічних якостей білків молока, що суттєво впливає на особливості технологічних процесів виробництва молочних продуктів, є їх гідратація. Вона зумовлена тим, що молекули білка на поверхні міцел та всередині їх мають значну кількість іонізованих полярних груп атомів, що створює можливість для отримання глобулою електричного заряду. Оскільки

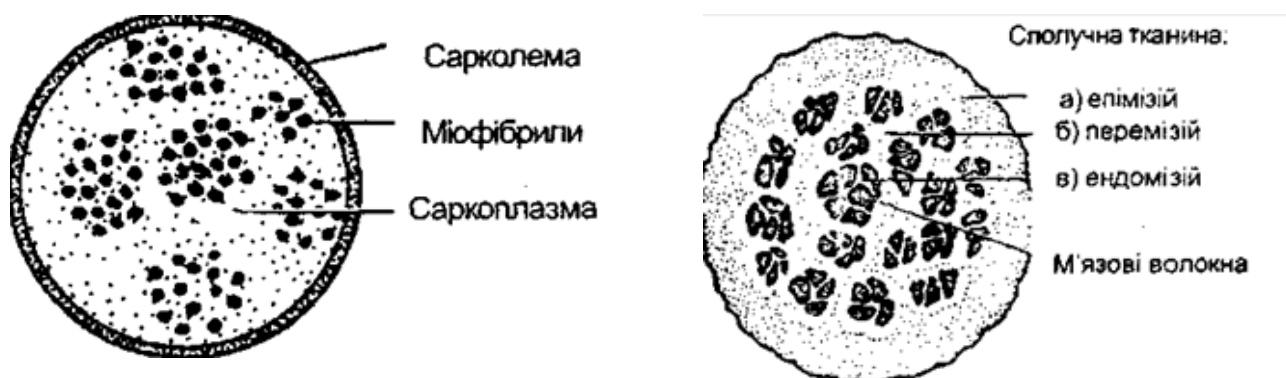
молекули води мають дипольну структуру, то вони, завдяки взаємодії різнойменних електрзарядів, орієнтуються навколо міцел казеїну, утворюючи гідратні оболонки. Захисні властивості гідратних оболонок залежать від їх товщини та міцності. Завдяки стабільності колоїдної системи в процесі теплового впливу, молоко широко використовується в харчових технологіях

Білки м'яса та риби

М'ясом називають скелетну мускулатуру тварин, до складу якої входять *м'язова, сполучна та жирова тканини*.

М'язові волокна складаються з *міофібрил, саркоплазми, сарколеми та ядер*. Поверхня м'язового волокна покрита оболонкою — сарколемою (саркос — м'ясо, лема — шкіра), яка складається з фібрилярного білка колагену і ліпідів (жирів). В середині волокна знаходиться саркоплазма (плазма — рідина). Це розчин мінеральних речовин, водорозчинних білків, вітамінів і інших речовин. Водорозчинні білки саркоплазми — міоген, міоглобін, мюальбумін, глобулін та ін. У рідкій саркоплазмі знаходиться студнеподібні нитки — міофібрили, які складаються з солерозчинних білків міозину, актину, актоміозину (рис.).

Окремі м'язові волокна з'єднуються в первинні пучки, а декілька первинних пучків за допомогою ніжної сполучної тканини — ендомізії (ендо — внутрішній) з'єднуються у вторинні пучки. Вторинні пучки за допомогою більш грубішої сполучної тканини — перемізії (проміжковий) утворюють м'яз, який зверху покритий ще більш грубішою сполучною тканиною — епімізієм (зовнішній). Внутрішня сполучна тканина (ендомізій) складається із тонких колагенових волокон. Проміжкова сполучна тканина (перемізій) складається із колагенових і еластинових волокон.



Білки відрізняються один від одного кількістю та якістю амінокислот, що входять до їх складу. *Міофібрилярні та саркоплазматичні білки* є основними компонентами, з яких побудовано м'язове волокно.

Загальний вміст білків м'яса поряд з повноцінними білками (актоміозин, міоген, глобулін Х), до складу яких входять усі незамінні амінокислоти, має неповноцінні білки сполучної тканини (колаген, еластин). Білки м'яса в значній кількості містять усі незамінні амінокислоти та не поступаються за біологічною цінністю білкам яєць та молока.

В основі будови м'язової тканини риби також лежать м'язові волокна. Окремі волокна з'єднуються перемізієм у зигзагоподібні міокоми. Міокоми за допомогою горизонтальних і вертикальних прошарків (септ) утворюють тіло риби. В м'язових волокнах тканини риб немає білка міоглобіну. Більшість білків риби повноцінні і легко засвоюються організмом. Сполучна тканина риби майже повністю складається із колагену і не має еластину.

Білки риби містять майже всі амінокислоти, у тому числі незамінні, знайдені у продуктах тваринного походження. М'ясо риби має краще співвідношення повноцінних та неповноцінних білків унаслідок малого вмісту сполучної тканини. Крім того, білки м'яса риби швидко перетравлюється, їх засвоєння складає 97%.

Білки м'яса мають найвищу біологічну цінність, оскільки характеризуються добре збалансованим амінокислотним складом, найбільше схожим зі складом амінокислот білків організму людини. Білки м'яса добре засвоюються організмом, підвищують ступінь засвоєння рослинних білків і дають можливість збалансувати амінокислотний склад їжі.

Білки міофібрил (*міозин, актин, актоміозин та тропоміозин*) складають приблизно 65% усієї кількості білків та визначають технологічні властивості м'яса та риби і відіграють важливу роль у змінах м'язових тканин. Міофібрили складаються із ниткоподібних молекул міозину, що чітко орієнтуються в міофібрилах та зумовлює еластичність м'язового волокна.

Міозин — це найважливіший повноцінний білок. У мускульній тканині на його частку у м'ясі тварин припадає 35...40% усіх м'язових білків, у рибі — 20...30%. Міозин не розчиняється у воді, але розчиняється у сольових розчинах середньої концентрації. Він здатний до значної гідратації, що пояснюється наявністю великої кількості полярних груп, розміщених на його ниткоподібній молекулі. Ізоелектрична точка міозину риби — рН 5,2–5,4, м'яса тварин — рН 5,4...5,5. Температура денатурації міозину 45...50°C.

Актин — повноцінний білок (10–15% усіх м'язових білків). Він існує у двох формах: глобулярній (*G-актин*) та фібрилярній (*F-актин*). *F-актин* спроможний вступати у взаємодію з міозином, утворюючи комплексний білок *актоміозин*.

Актоміозин є основним білком міофібрил, не розчиняється у воді, розчиняється у слабких сольових розчинах, частково осаджується насиченим розчином хлористого натрію. Він є основною скорочувальною речовиною м'язів. За підвищеного вмісту іонів калію актоміозиновий комплекс розпадається на актин та міозин.

Тропоміозин (2,5% усіх білків) належить до глобулінів, є неповноцінним білком із-за відсутності триптофану, містить значно менше сірковмісних амінокислот. Тропоміозин добре розчинний у воді, не денатурує під впливом нагрівання.

Білки саркоплазми (*міоальбумін, глобулін X, міоген, міоглобін, нуклеопротеїди*) складають приблизно 32–37% внутріклітинних білків.

Міоальбумін (1–2% усіх білків) є типовим альбуміном. Температура коагуляції 45...47°C, ізоелектрична точка — рН 3,0...3,5.

Глобулін-Х (20% усіх білків) включає ряд білків, які є типовими глобулінами. Ізоелектрична точка 5,2. У розчинах коагулює за 50°C. У м'ясі риб у порівнянні з м'ясом теплокровних, міститься у 2–3 рази менше.

Міоген (20%) розчиняється у воді, частково висолюється хлористим натрієм. Температура коагуляції його розчинів 55–65°C, ізоелектрична точка — рН 6,0...6,5.

Міоглобін міститься в м'язовій тканині в кількості 0,1–1,0%.

Білки сарколеми (*колаген, ретикулін, еластин*) складають приблизно 4–5,0% загальної кількості білків клітини. Це основні білки сполучної тканини. У рибі білки оболонки волокна (сарколеми) представлені білками сполучної тканини — *колагеном* та *муцинами* і не містять еластину.

Колаген — білок, який не розчиняється у холодній воді, під час варіння він переходить у глютин, який добре розчиняється в гарячій воді. Колаген є неповноцінним білком. Волокна колагену слабо розтягнені. При нагріванні у воді до температури 60–70°C вони скорочуються приблизно на 1/3 або 1/4 від початкової довжини, а при нагріванні до 80°C колаген перетворюється на желатин. У рибі під час нагрівання у воді при температурі вище 60°C колаген піддається деструкції та переходить у водорозчинну форму, утворюючи глютин, желатози.

Колаген спроможний утримувати дуже велику кількість води: 100 г сухого колагену за рН 5–7 поглинає до 200 г води. Зі зміщенням рН у кислий або лужний бік кількість води, що поглинається, стрімко збільшується. Цю властивість використовують у різних процесах переробки сировини, яка містить колаген.

Еластин — це основний білок еластинових волокон. Він не розчиняється в холодній та гарячій воді, розчинах солей, розведених кислотах та лугах, не утворює желатину. На відміну від колагену та ретикуліну, не розчиняється у воді під час нагрівання.

З підвищенням вмісту сполучної тканини знижується біологічна цінність м'яса, оскільки вміст неповноцінних білків зростає та збільшується його жорсткість, підвищується їх стійкість до теплової обробки, тим самим збільшується час доведення м'яса до стану кулінарної готовності. Тому кількість сполучної тканини та складність їхньої будови зумовлюють неоднакову технологічну цінність різних частин туші та м'яса різних видів тварин.

Зміни білків м'яса під час кулінарної обробки

Білки сарколеми дуже стійкі, і навіть під час довгого нагрівання при температурі 120°C структура їх не змінюється. Тому після теплової обробки м'язові волокна зберігаються, і розварене м'ясо можна подрібнити на пучки або окремі м'язові волокна.

Білки саркоплазми, які знаходяться в розчиненому стані, денатурують і утворюють щільний гель (студень), оскільки концентрація їх велика. Цей процес починається вже при температурі 30–35°C, а при температурі 65°C денатурує близько 90% всіх розчинних білків саркоплазми. Однак навіть при нагріванні

м'яса до 95-100°C не відбувається повної денатурації білків і деяка частина їх зберігає властивість розчинятися.

Білки міофібрил, які мають вигляд гелю, при нагріванні ущільнюються і від утвореного студня відокремлюється значна частина води разом з розчиненими в ній поживними речовинами. Частина цієї води переходить в простір між волокна, тому діаметр м'язових волокон зменшується, вони стають щільнішими і міцнішими.

Під час варіння м'яса і птиці, поки ще продукти не прогрілись, частина водорозчинних білків (міоген) переходить у воду. При дальшому нагріванні вони згортаються і спливають на поверхню бульйону у вигляді піни.

Якщо воду, в якій вариться м'ясо або птиця, посолити перш ніж продукти прогріються, то в розчин перейде більше білків за рахунок глобулінів (солерозчинних) і кількість піни збільшиться. Тому при варінні м'яса воду солять після того, як м'ясо прогріється.

Одночасно із змінами білків м'язової тканини змінюються також білки сполучної тканини.

Ендомізій складається з волокон фібрилярного білка — колагену. У всіх частинах туші ендомізій має однакові властивості.

Перемізій складається не тільки з волокон колагену, а й з волокон іншого фібрилярного білка — еластину. Перемізій в окремих частинах туші не однаковий і його властивості визначають кулінарне використання частин м'яса.

При нагріванні м'яса в процесі кулінарної обробки еластинові волокна змінюються мало.

Колагенові волокна при температурі близько 60°C зварюються, скорочуються майже на половину своєї початкової довжини. В результаті зварювання колагену шматки м'яса під час смаження або варіння деформуються, м'ясний сік разом з розчиненими білками, екстрактивними речовинами і мінеральними солями виходить в навколишнє середовище. Це призводить до зменшення маси напівфабрикатів.

Щоб шматки м'яса, особливо при смаженні, не деформувалися, їх відбивають, роблять надрізи, перетинаючи сполучну тканину.

Одночасно проходить набухання колагенових волокон. При дальшому нагріванні розриваються водневі зв'язки між окремими амінокислотними ланцюжками. Нерозчинений колаген перетворюється в більш просту розчинну речовину — глютин.

Кулінарна готовність м'ясних виробів обумовлена ступенем розкладу колагену і розм'якшенням тканин.

Швидкість розкладу колагену залежить від кількох причин. Чим грубіша сполучна тканина, тим повільніше розкладається колаген.

Розклад колагенових волокон супроводжується поглинанням значної кількості вологи. Тому для смаження придатні тільки ті частини туші, в яких перемізій достатньо ніжний і значна частина колагену встигає перетворитися в глютин за час, коли основна частина вологи ще не випарувалася.

У більшості частин м'яса великої рогатої худоби перемізей настільки міцний, що таке м'ясо непридатне для смаження і його можна використати тільки для варіння і тушкування.

Швидкість переходу колагену в глютин залежить від температури: чим вона вища, тим цей процес відбувається скоріше. Особливо швидко він проходить при температурі 100°C.

Значно швидше переходить колаген в глютин в присутності кислот. На цьому базується маринування м'яса перед смаженням і застосування кислих соусів для тушіння м'яса.

Розчини, в яких є більше 1% желатину, при охолодженні утворюють студні (гелі).

Білки рослинного походження

У рослинах білкові речовини відіграють величезну роль, оскільки білки складають основну масу протоплазми.

Велика кількість білка міститься в окремих видах насінні, найбільше у бобових та олійних культурах (горіхі, квасоля, соя, соняшник). У олійних плодах та насінні білки складають суттєву частку сухої речовини: соняшник — 13–19%; льон 24–25; соя 25–45.

Білки соєвих бобів, насіння соняшника та інших олійних культур містять достатню кількість майже всіх незамінних амінокислот.

Насіння олійних рослин має значний потенціальний резерв білкових речовин. Виробництво білкових продуктів з олійного насіння взагалі забезпечує можливість для більш повного задоволення потреб населення у повноцінних продуктах, а також розширення шляхів регулювання органолептичних, харчових, механічних, дієтичних та інших характеристик харчових виробів.

Борошно отримують, подрібнюючи зерна злакових, гречки, бобових. Найважливішими компонентами борошна є білки, що є частиною білково-протеїназного комплексу. Окрім білків, до цього комплексу входять протеолітичні ферменти, активатори та інгібітори протеолізу.

Білкові речовини пшеничного борошна складають у середньому 14–18% від маси борошна. Вміст білків у пшеничному борошні залежить від його ґатунку. Так, у борошні вищого та I ґатунку білків 10,3%, II ґатунку — 11,7 %, об'ємному — 12,7 %.

До складу білків пшеничного борошна, наприклад, входить 18 амінокислот, у тому числі усі незамінні. Однак в борошні низького ґатунку незамінних амінокислот більше і його біологічна цінність значно більша за інші. Засвоєння білків борошна становить 83–85%.

Білки борошна належать до ліофільних речовин. Здатність до набрякання залежить від властивостей білків та рН середовища. Ізоелектрична точка білків пшеничного борошна знаходиться в межах рН 5,5–7,1. Вони здатні поглинати до 250–300 % води, при цьому утворюючи клейковинний каркас тіста. Особливістю білкових речовин житнього борошна є їх здатність до швидкого та інтенсивного набрякання.

Однією з найважливіших властивостей білків борошна також є їх здатність до денатурації та старіння. Під час денатурації білки втрачають здатність до набрякання, віддають частину води та утворюють еластичний гель зі стійкою формою. Швидкість та ступінь денатурації залежить від температури, тривалості нагрівання та вологості продукту, тобто гідрофільності білків у продукті. Температура денатурації також залежить від гідрофільності білків. У процесі зберігання гель віддає частину води. Цей процес називається синерезисом. З цим пов'язано черствіння, наприклад, хліба.

ЛІПІДИ ТА ЇХ ЗМІНИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Ліпіди — поширена група речовин, що містяться в живому організмі, різних за своїм складом, структурою та функціями в організмі, але схожих за фізико-хімічними властивостями, а саме: нерозчинність у воді і розчинність в органічних розчинниках (рис.).

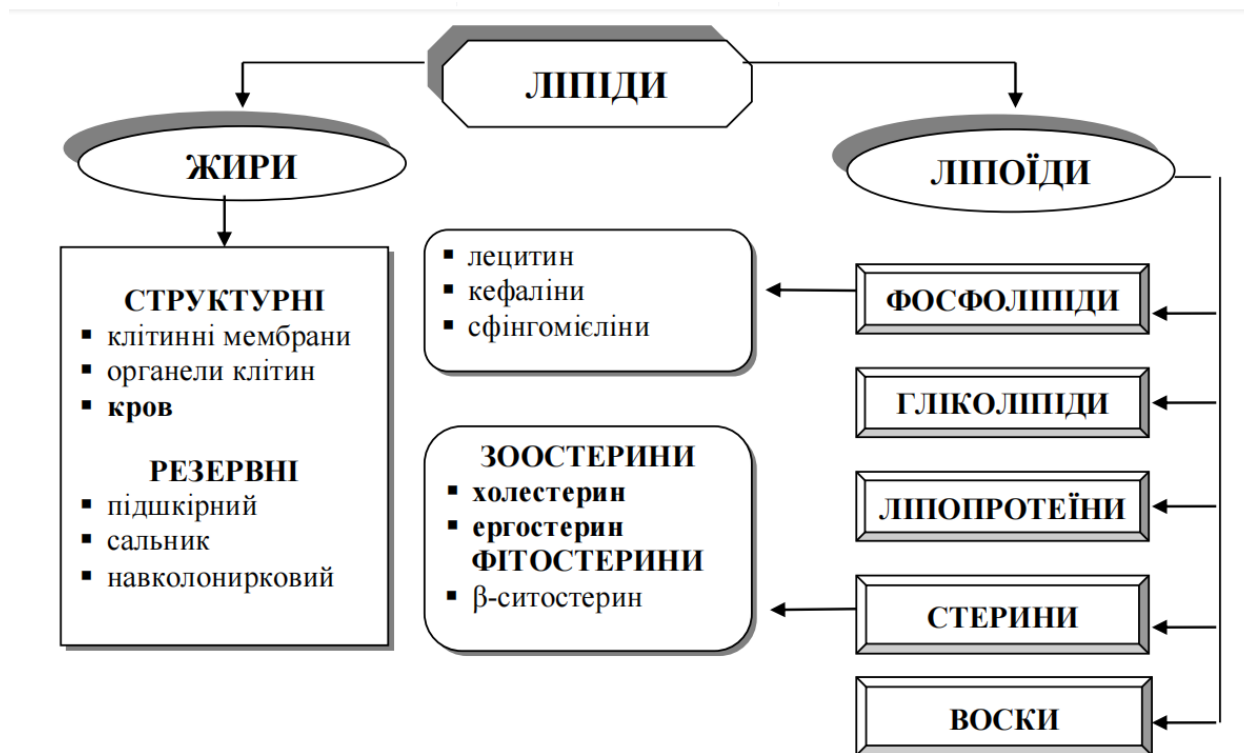


Рис. Класифікація ліпідів продуктів харчування

Харчові жири — це продукти харчування, які одержують з жирових тканин рослинних та тваринних організмів. Тому за походженням вони поділяються на тваринні і рослинні, які в свою чергу підрозділяються на тверді і рідкі.

В організм людини з продуктами харчування жири надходять, так званими, «видимими» (олія, вершкове масло, сало тощо) та «прихованими» (риба, м'ясо, молоко, яйця).

Основним компонентом харчових жирів є *тригліцериди*. Вони не мають смаку і запаху, безбарвні. До складу молекули тригліцеридів харчових жирів входять: гліцерин (близько 10%) і жирні кислоти з різною довжиною вуглецевого ланцюга та різним ступенем насиченості атомів вуглецю (рис.).



Рис. Жирні кислоти харчових жирів

Жирні кислоти насичені є твердими за температури 18°C, мають високу температуру плавлення (44...75°C). У складі рослинних олій містяться пальмітинова (6...13 %) та стеаринова кислоти (2...4%).

У тваринних жирах (яловичому, баранячому, маслі вершковому) містяться майже усі насичені жирні кислоти, в тому числі пальмітинова (близько 25 %) та стеаринова кислоти (7...21%).

Жирні кислоти ненасичені (олеїнова, лінолева, ліноленова) містяться у рослинних оліях та тваринних жирах. Найбільше олеїнової кислоти у оливковій олії (64,9%), соняшниковій — 23,7%, соєвій 19,8%, а в тваринних жирах 36...43%. Лінолевої кислоти у рослинних оліях міститься 50...60%, окрім оливкової (12%), а в тваринних жирах 2...9 % (рис.).

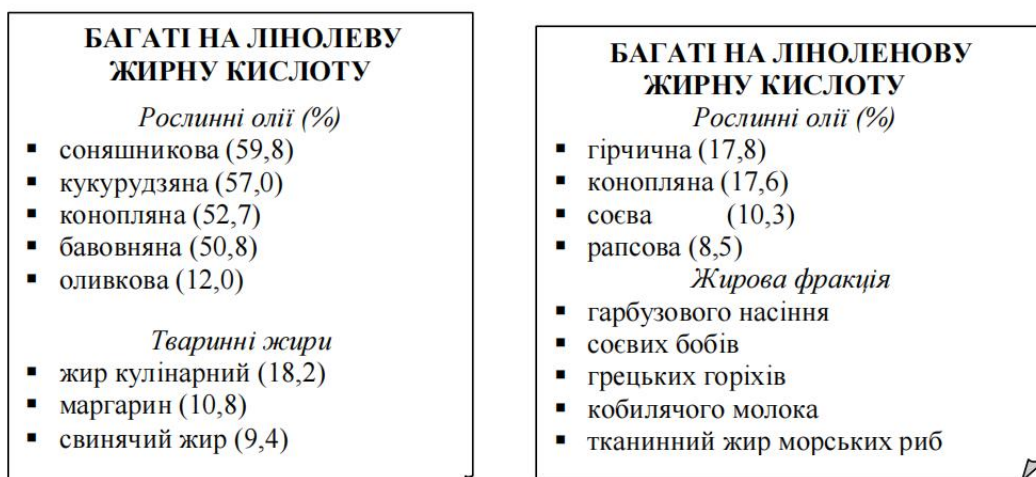


Рис. Жири, багаті на ненасичені жирні кислоти

Особливе значення мають *поліненасичені жирні кислоти* — ліноленова, арахідонова та інші, які не можуть синтезуватися в організмі людини і тому є незамінними. Олії порівняно з тваринними плавленими жирами вважаються біологічно ціннішими, оскільки в них більший вміст ненасичених жирних кислот, у т.ч. незамінних поліненасичених (рис.).

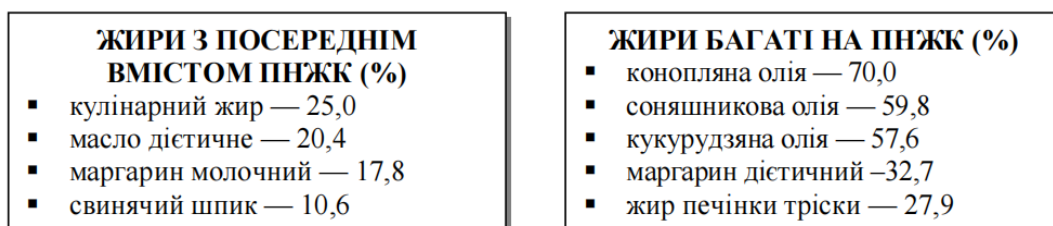


Рис. Жири, багаті на поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)

У жирах наряду із тригліцеридами містяться ліпоїдні речовини: фосфоліпіди, стерини, вільні жирні кислоти, барвникові речовини, вітаміни, воски. У рослинних оліях на частку ліпоїдних речовин припадає 3...4% маси, в тваринних — у декілька разів менше. Виняток — жири морських тварин та риб, в яких вміст ліпоїдних речовин сягає десятків відсотків.

Фосфоліпіди (фосфатиди) відіграють важливу роль в організмі людини. Основними фосфоліпідами є *лецитин* та *кефалін*. Лецитин необхідний для формування клітин і тканин організму, запобігає накопиченню холестерину, сприяє його виведенню, запобігає ожирінню печінки. Лецитин і кефалін є природними емульгаторами та антиокисниками.

Стерини — високомолекулярні спирти, які містяться в тканинах рослин і тварин. За походженням розрізняють:

- *зоостерини* — стерини тваринного походження (холестерин);
- *фітостерини* — стерини рослинного походження (β -ситостерин, стигмастерин);
- *мікостерини* — стерини грибного походження.

Стерини мають кристалічну будову, причому зоостерини й фітостерини різняться формою кристалів, що дозволяє ідентифікувати природу жиру (встановити його походження).

З тваринних стеринів важливе значення має *холестерин*. Склад харчових жирів може помітно впливати на рівень холестерину в організмі людини. Чистий холестерин — перлинчасті пластинки, жирні на дотик. Він нерозчинний у воді, малорозчинний в органічних розчинниках. Температура плавлення холестерину становить 149°C.

Вільні жирні кислоти в ідеалі не повинні міститись у жирах. Їх наявність свідчить про те, що виготовлення тваринних жирів та їх зберігання відбувалися з порушенням технологічних режимів. Показник, який кількісно характеризує наявність в жирах вільних жирних кислот — кислотне число. Воно нормується стандартами на всі види жирів і від нього залежать сорти тваринних топлених жирів.

Барвникові речовини містяться здебільшого у рослинних жирах, тваринні жири їх майже не містять. Ці речовини легко руйнуються, окислюючись під дією світла. Найбільш відомі барвникові речовини — це каротиноїди, хлорофіл, госсіпол.

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИРІВ

Жири в технології харчових продуктів відіграють важливу роль, їх функціонально-технологічні властивості повинні бути спеціалізовані відповідно до вимог. Технологію отримання багатьох жирів побудовано таким чином, щоб отримувати задані функціонально-технологічні властивості, регулюючи склад, харчову цінність, стійкість до технологічних процесів, умов зберігання та консистенцію.

Жири мають такі фізико-хімічні та функціональні властивості, які значною мірою визначають технологічні властивості харчових продуктів, а саме:

- *нерозчинність у воді* — отримання продуктів з емульсійною структурою (креми, соуси, тісто, фаршеві суміші тощо);
- *відносно низька температура плавлення* визначає розм'якшення або перехід у рідкий стан продуктів після нагрівання;
- *здатність застигати під час охолодження* дозволяє формувати консистенцію деяких продуктів та виробів (кондитерські креми, глазур шоколадна, ковбаси, паштети);
- *пластичність багатьох жирів за нормальної температури* пояснює більшість функціональних та технологічних властивостей, які вони можуть надати продуктам та напівфабрикатам;
- *здатність передавати тепло* використовується у технологічних процесах під час смаження;
- *як технологічне середовище* використовується для зберігання деяких харчових продуктів у жирах, що забезпечує збереження їх якості;

- здатність *екстрагувати жиророзчинні речовини* (жиророзчинні вітаміни, барвникові речовини, ефірні олії) полегшує їх засвоєння та поліпшує смак і аромат продукції (наприклад пасерування коренеплодів, томатів тощо);

- як зв'язувальний матеріал у сумішах жири дуже часто використовуються в кондитерських кремах, пастах та інших виробках;

- як розпушувачі впливають на текстуру виробів в кондитерському виробництві (листокове, пісочне тісто);

- як наповнювач технологічних сумішей підвищує їх харчову та біологічну цінність.

Важливо, щоб в кожному конкретному технологічному випадку функціональні властивості обґрунтовано перетворювати на технологічний параметр.

Для засвоєння жирів організмом дуже важливе значення має температура плавлення. Тугоплавкі жири з температурою вище 36,6 °С із фізіологічної точки зору вважають нехарчовими (яловичий, баранячий). Легкоплавкі харчові жири мають температуру плавлення $\leq 36,6$ °С (масло вершкове, маргарини). Рідкі жири (рослинні олії) не тільки харчові, але біологічно активні.

Температура плавлення жирів залежить від:

- присутності жирних кислот з короткими вуглеводними ланцюгами;

- присутності ненасичених жирних кислот;

- наявності *цис*-, *транс*ізомерів жирних кислот (їх орієнтація у просторі відносно подвійних зв'язків).

Консистенція жирів найчастіше є найважливішою технологічною характеристикою, що визначає можливість використання жиру за необхідної температури технологічного процесу. Так, для фритюрних жирів однією з основних вимог є температура димоутворення, яка забезпечує виконання технологічного процесу виготовлення продукції. Фритюрні жири — термічно стійкі за температур близько 200°С, а також стійкі до окислення та полімеризації. Для цього вони повинні містити якнайменше ненасичених жирних кислот, у тому числі лінолевої кислоти, характерної для олій, вільних жирних кислот, моно- та дигліцеридів та інших речовин, які руйнуються при 200°С.

Модифікація жирів

Модифікація жирів — це вплив, що змінює їх структуру.

Процеси модифікації: гідрогенізація, переестерифікація, фракціонування. Переестерифікація та, особливо, гідрогенізація змінюють харчову цінність жирів, що необхідно враховувати при виробництві харчових продуктів.

Гідрогенізація здійснюється насиченням воднем ненасичених жирних кислот в молекулах тригліцеридів олій та жирів морських тварин для зниження їх ненасиченості. У промисловості процес гідрогенізації здійснюється при температурі 180–240°С у присутності мідно-нікелевих каталізаторів з метою зміни жирно-кислотного складу вихідного жиру.

Гідрогенізація здійснюється з метою отримання твердих жирів, маргаринів, тобто жирів, здатних до емульгування, а також підвищенню

температури плавлення для отримання таких жирів, які б мали потрібну температуру за кімнатної температури або за температури технологічного процесу. Це, як правило, залежить від трансформ жирів. Ступінь ізомеризації та кількість ізомерів залежать від повноти гідрогенізації.

Гідрогенізація змінює харчову цінність жирів. Слід підкреслити, що з фізіологічної точки зору *транс-ізомери вважаються не харчовими*, хоча метаболізм різних нових ізомерів лінолевої та олеїнової кислот не до кінця вивчено.

Переестерифікація — цілеспрямована дія щодо ізомеризації, яка дозволяє регулювати фізико-хімічні властивості та технологічні властивості жирів. Тригліцериди при температурі 80–90°C у присутності каталізатора (натрій, калій та інші) здатні обмінюватися залишками карбонових кислот — відбувається реакція переестерифікації. За такої спрямованої переестерифікації оптимізується вміст твердих тригліцеридів деяких жирів та регулюється температура плавлення жирів.

Переестерифікація високоплавких тваринних і рослинних жирів з рідкими рослинними оліями дозволяє отримати харчові пластичні жири з високим вмістом лінолевої кислоти при відсутності трансізомерів. Переестерифіковані жири використовуються як компоненти маргаринової продукції, спеціального призначення застосовуються у хлібопекарській промисловості, кондитерському виробництві і виробництві морозива.

Властивості тригліцеридів можна змінювати фракціонуванням.

Фракціонування жирів — це їх розподіл на групи за температурою застигання. Розподіляючи ці фракції, отримують олії з різними властивостями та застосуванням. Найширшого використання набуло фракціонування пальмової олії.

Пальмова олія має характерний жирнокислотний склад: майже рівні частини насичених (пальмовий стеарин) і ненасичених (пальмовий олеїн) жирних кислот. Пальмовий стеарин за фізичними властивостями значно відрізняється від пальмової олії і має широкі межі значень температури плавлення і йодного числа. Пальмовий стерин використовується для виробництва маргаринів і легких масел, а також у кондитерській промисловості. Пальмовий олеїн має вузький склад ацилгліцеролів, він повністю рідкий в теплому кліматі і легко змішується з будь-якою олією.

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЖИРІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТА ЗБЕРІГАННІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

До складу природних жирів входять ненасичені жирні кислоти, які є хімічно і біологічно реакційноздатними. Чисті жири характеризуються як практично однорідна маса і під час їх зберігання відбуваються зміни, характерні лише для жирів. Жири, які знаходяться у зв'язку з іншими компонентами харчових продуктів, менш стійкі при зберіганні. Їх зміни взаємопов'язані зі змінами інших речовин.

В процесі переробки і зберігання жировмісних продуктів або виділених з них жирів відбуваються різноманітні перетворення їх під впливом біологічних, фізичних і хімічних чинників. В результаті цих перетворень змінюється хімічний склад, погіршуються органолептичні показники і харчова цінність жирів. Найчастіше саме жири є тим лімітуючим фактором, який зумовлює параметри технологічного процесу та терміни зберігання продукції. Жири псуються, при цьому смак та запах стають специфічними і неприємними, жир гіркне і стає непридатним до споживання.

Незалежно від технологічних режимів переробки і зберігання, а також виду жиру, в них проходять однотипні зміни, що зводяться до гідролізу і окислення. Велика здатність їх до окислення є причиною того, що вони швидко втрачають свою біологічну цінність, ще до того, як продукт стане не придатним до вживання. Ці процеси відбуваються за схемою, представленою на рис..

Переважає в жирі гідролітичний або окислювальний процес залежить від температури, наявності кисню, світла, води, тривалості нагрівання, присутності речовин, що прискорюють або уповільнюють ці процеси. Тому основні способи теплової обробки жировмісних продуктів і жирів (варіння, смаження) розрізняються за ступенем і характером дії на жир. Під час варіння переважають гідролітичні процеси, а в процесі смаження — окислювальні.

Залежно від температури й тривалості нагрівання, жир може зазнавати різних змін — від руйнування природних біологічно активних речовин, що містяться в них (вітамінів, фосфатидів тощо) до утворення окислених сполук, які можуть бути токсичними, змінюючи їх харчову цінність. Якість жиру оцінюють за кислотним, пероксидним, ацетиловим числами, вмістом альдегідів, кетонів та інших сполук.

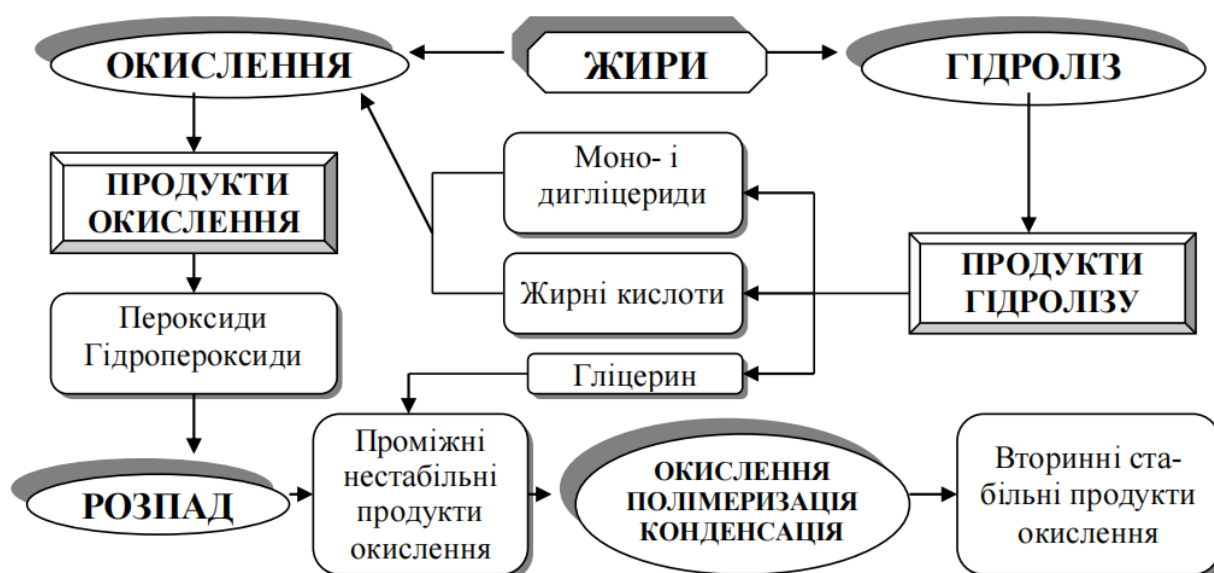


Рис. Фізико-хімічні перетворення жирів

Гідроліз жирів

Гідролітичне розщеплення жирів проходить за обов'язкової участі води. Гідроліз жирів відбуваються в процесі зберіганні жирів та жировмісних продуктів та їх теплової обробці (наприклад варінні).

Гідроліз може бути *ферментативним* і *неферментативним*.

При ферментативному гідролізі під впливом тканинних ліпаз спостерігається гідроліз тригліцеридів, що супроводжується накопиченням жирних кислот і, як наслідок, підвищенням кислотного числа.

Швидкість і глибина гідролізу жиру залежать від температури:

- за температури вище 20°C — ферментативний гідроліз значно прискорюється;
- зниження температури уповільнює процес гідролізу, але навіть за –40°C ферментативна активність ліпаз проявляється, але в слабкій мірі.

За підвищеної вологи, температури може статися *гідролітичне псування жирів*, спричинене каталізаторами та ферментами мікроорганізмів.

Утворення в жирі при гідролізі невеликої кількості високомолекулярних жирних кислот не викликає змін смаку і запаху продукту. Але якщо у складі тригліцеридів є низькомолекулярні кислоти, то під час гідролізу можуть з'явитися капронова і масляна кислоти, що характеризуються неприємним запахом і специфічним смаком, які різко погіршують органолептичні властивості продукту. Ці жирні кислоти містяться у молочних продуктах: масло вершкове, сир м'який жирний, сметана, вершки.

У топлених жирах *ферментативного* розщеплення жирів не спостерігається, оскільки в процесі витоПЛення за температури близько 60°C ліпаза, що міститься в жировій тканині, інактивується.

Гідролітичне псування топленого жиру відбувається за наявності вологи, в результаті обсіменіння мікрофлорою, неповній денатурації білків при витоПЛенні жиру з жирової тканини або під впливом каталізаторів.

Для зберігання харчових властивостей жиру продукти, до складу яких він входить, піддають відносно м'якому тепловому впливу.

При короткочасному нагріванні під дією температури, що не перевищує 100°C, жири не зазнають істотних змін у своєму складі. При цьому можуть руйнуватися вітаміни А і Е.

Жир, що міститься в продуктах, в процесі варіння плавиться і переходить в рідину. Кількість жиру, що поступає у варильне середовище, залежить від його вмісту і характеру відкладення в продукті, тривалості варіння, величини шматків і інших причин. Так, м'ясо втрачає при варінні до 40% жиру, риба прісна до 50%, риба середньої жирності — до 14 % жиру.

Основна частина жиру (90–96,5%) збирається на поверхні бульйону, і лише невелика частина (3,5–10%) розподіляється в бульйоні у вигляді найдрібніших жирових крапельок (емульгується).

Кількість емульсованого жиру зростає при інтенсивному кипінні та співвідношенні води до продукту. Наявність у бульйоні *солей і кислот* (наприклад при додаванні кухонної солі і кислих продуктів) сприяє процесам

гідролізу. Утворення солей високомолекулярних жирних кислот надає бульйону каламутність, погіршуючи його якість (утворюється мутний мильний бульйон). При гідролізі жиру утворюються переважно стеаринова й пальмітинова жирні кислоти, що, у свою чергу, емульгуються і надають йому неприємного присмаку.

В результаті емульгування збільшується поверхня зіткнення жиру з киплячою водою, що сприяє його гідролізу та окисленню. Тому при варінні бульйону жир, що спливає на поверхню, періодично знімають, і при обмеженому доступі повітря і помірній температурі (90–95°C) переважають гідролітичні процеси і неглибоке окислення жирних кислот, тому що вільні жирні кислоти окисляються значно швидше, ніж тригліцериди.

У результаті гідролізу тригліцеридів з утворенням вільних жирних кислот зростає *кислотне число*. При варінні можуть утворитися такі продукти окислювання, як моноокисикислоти. Утворення ди- та моногліцеридів, що утворюються при гідролізі, сприяє зростанню *ацетильного числа* — показника вмісту в жирі гідроксильних груп.

Частина жирних кислот окислюється безпосередньо на місці подвійного зв'язку з утворенням пероксидних сполук, про що свідчить зниження *йодного числа* жиру.

Окислення жирів

Жири при взаємодії з киснем повітря окислюються. Окислення жирів відбувається при зберіганні (за наявності повітря) та тепловій обробці. Розрізняють автоокислення і термічне окислення жирів:

- *автоокислення* жирів проходить за низьких температур у присутності кисню;

- *термічне окиснення* відбувається за температури 140°C...200°C.

Автоокислювальні процеси зазвичай супроводжують або навіть випереджають термічне окислення і тому їх необхідно розглядати разом. Напрямок і глибина окислення олій і жирів залежать в першу чергу, від їх тригліцеридного складу: *зі збільшенням ступеня ненасиченості жирних кислот, що входять до їх складу, швидкість їх окислення зростає*. Тригліцериди насичених кислот за звичайних умов практично не окислюються.

В основі сучасних уявлень про механізм реакції окиснення жирів лежить висунута Бахом і Енглером *пероксидна теорія*. Її механізм, як *ланцюгової вільнорадикальної реакції*, розроблений академіком М.М. Семеновим.

Сутність реакції автоокислення

При автоокисленні жиру спочатку відбувається накопичення вільних радикалів (*індукційний період*). Як тільки концентрація їх досягає певної величини, індукційний період завершується і починається процес швидкого приєднання кисню до радикалів. Цей процес називається *автокаталітичною ланцюговою реакцією* і включає декілька стадій:

- 1) *ініціації* — *стадія зародження, розвитку* утворення вільних радикалів (ненасичених жирних кислот та пероксидів жирів (гідропероксидів));

2) розгалуження — стадія нагромадження пероксидів внаслідок окислення ненасичених жирів під впливом кисню і вільних радикалів;

3) затухання — стадія обриву ланцюга, за якої вільні радикали утворюють стабільні нерадикальні сполуки (альдегіди та кетони з низькою молекулярною масою).

Первинні радикали молекули жиру утворюються при гомолітичному розриві зв'язку С–Н в *a*-положенні до подвійного зв'язку в жирнокислотному ланцюгу. Далі вільні радикали взаємодіють із киснем повітря і утворюють **пероксидні радикали**, ще далі — **гідропероксиди** — первинні продукти окиснення жиру. За глибокого окислення жирів можливе утворення циклічних пероксидів та епоксидних сполук.

Гідропероксиди подалі піддаються різним перетворенням і утворюють *спирти, альдегіди, кетони, кислоти, оксикислоти* та інші.

Альдегіди і кетони є вторинними продуктами окиснення. Органолептичні показники, в основному, залежать від вмісту альдегідів і кетонів і в меншій мірі від окси- та карбонових кислот.

Автоокиснення супроводжується також позиційною, геометричною ізомеризацією ненасичених кислот і процесами полімеризації (відбувається «зшивання» як міжмолекулярне, так і внутрішньо-молекулярне).

Вільні радикали в жирах утворюються під дією *ініціатора* шляхом відщеплення атома водню від вуглеводневого ланцюга вільної або зв'язаної з гліцерином жирної кислоти. *Ініціаторами окислення є:*

- енергія (теплова, енергія світла та інших видів випромінювання);
- присутність металів зі змінною валентністю;
- хімічні речовини, які здатні відщеплювати водень із СН — зв'язку.

Процес автоокиснення жирів значно прискорюється за наявності вологи, світла і каталізаторів. Каталізаторами можуть бути легкоокиснювальні метали (оксиди або солі заліза, міді, свинцю, цинку, нікелю, кобальта), що знаходяться в складі металевої тари, інвентарю і за рахунок змінної валентності самі можуть бути окислювачами жирів.

Каталітична дія металів пов'язана з їх здатністю легко приєднувати або віддавати електрони, що призводить до утворення вільних радикалів з гідропероксидів жирних кислот.

Також каталізаторами можуть бути органічні сполуки, що містять залізо (білки, геми гемоглобіну), ліпоксидази, активність води, яка може виступати як каталізатор металів та інші.

Ліпоксидази зустрічаються в рослинних тканинах, особливо в бобових та картоплі. Ліпоксидази активні за дуже низьких температур, інгібуються антиокислювачами — донорами водню. Деякі із них мають сульфгідрильні групи в основі. Ліпази також можуть прискорювати окислення жирів.

Активними каталізаторами є ферменти, головним чином ферменти мікроорганізмів. Тому забруднення жирів, особливо бактеріальне, прискорює процес їх окислення.

На характер окислення жирів у харчових продуктах впливає присутність у них *антиоксидантів*. У свіжому жирі пероксидів немає. Інтенсивне утворення пероксидів є адекватним показником окислення, але не впливає на органолептичні показники самого жиру, оскільки вони не дають відчуття прогірклого жиру. Наявність індукційного періоду пояснюється тим, що на початку процесу молекул з підвищеною кінетичною енергією (збуджених або вільних радикалів) дуже мало. Зумовлено це також вмістом в жирі природних антиоксидантів: каротиноїдів, токоферолів, лецитинів, які активніше взаємодіють з вільними радикалами і з киснем повітря і тим самим перешкоджають окисленню жирів. Тривалість індукційного періоду залежить від концентрації антиоксидантів, природи жиру і умов переробки та зберігання. Тваринні жири, у складі яких менше ненасичених жирних кислот, є стійкішими, ніж рослинні.

У той же час слід підкреслити, що на окислення жирів впливає природа та ступінь їх подрібнення (жири у вигляді емульсій та дисперсій) та якісного складу субстратів. Білкові субстрати окислення гальмують, вуглеводні — прискорюють. Коли присутні дві системи, що окислюються, то можуть виявлятися ефекти проокислення та антиокислення, залежно від їх співвідношення.

Первинні продукти окислення (пероксиди) органолептично не можна виявити, проте, за їх вмістом можна зробити висновок про глибину псування жиру, придатність його для тривалого зберігання і споживання. Вміст пероксидних сполук в жирі оцінюють за величиною *пероксидного числа*. Це досить чутливий показник, і за його значенням роблять висновок про початок і глибину окислення жиру.

Після індукційного періоду жир починає псуватися. Виявити це можна за збільшенням пероксидного числа і зміною органолептичних властивостей жиру. Пероксиди і гідропероксиди є нестійкими сполуками, тому відбувається їх розпад з утворенням вільних радикалів. При цьому проходять подальші різноманітні реакції, в результаті яких накопичуються вторинні продукти: оксисполуки, альдегіди, кетони, низькомолекулярні кислоти та інші. Подальше перетворення низькомолекулярних альдегідів призводить до появи низькомолекулярних спиртів, жирних кислот і до нового розгалуження окислювального ланцюга.

Вторинні продукти окислення погіршують органолептичні показники жиру:

- змінюється природне забарвлення;
- проявляється специфічний смак і запах продукту;
- з'являється сторонній, іноді неприємний присмак, аромат.

В результаті окислення змінюються не лише органолептичні властивості жиру, але і знижується його харчова, у тому числі біологічна цінність.

Це пов'язано з окисленням життєво необхідних ненасичених жирних кислот, а також з руйнуванням каротиноїдів, токоферолів, фосфатів і інших біологічно активних речовин. Крім того, первинні продукти окислення — пероксиди — проявляють токсичну дію на організм. В той же час пероксиди в

процесі різноманітних реакцій утворюють речовини, що містять карбоніли, а також полімерні сполуки, які погіршують засвоюваність жиру, знижуючи його біологічну цінність, а іноді мають канцерогенні властивості. Накопичення таких продуктів специфічного складу і будови відбувається найбільш інтенсивно за тривалого нагрівання жиру при високих температурах (вище 180°C).

Для запобігання окиснювальним процесам в жирах необхідно зменшити або виключити контакт жиру з киснем повітря. Без доступу кисню навіть тривале нагрівання за 180°C...190°C не викликає помітних окислювальних змін жиру. Збільшенню контакту з повітрям сприяє нагрівання жиру тонким шаром, смаження продуктів пористої структури, сильне спінювання і перемішування жиру.

Для стабілізації фритюрних жирів застосовують кремнійорганічні рідини (поліметилсилоксани). Ці сполуки, утворюючи на поверхні жиру тонку плівку і пригнічуючи його спінювання, утруднюють взаємодію жиру з киснем.

Жир доцільно зберігати в герметичній тарі, у вакуумній упаковці або в атмосфері інертного газу за від'ємних температур. У жирах не повинно бути легкоокиснювальних металів (міді, заліза, марганцю), їх солей або органічних похідних сполук свинцю, олова і інших металів. Для уповільнення окислювальних процесів в жирах застосовують антиоксиданти.

Термічне розкладання жирів

За температури понад 200°C може статися термічне розкладання жиру з виділенням диму (*піроліз*).

Температура, за якої починається виділення диму, називається *температурою* (або *точкою*) *димоутворення*, або *піролізу*.

На величину цієї температури впливає вид жиру, вміст вільних жирних кислот, матеріал і розмір посуду, наявність металів та інші чинники. Наприклад, збільшення у свинячому жирі вмісту вільних жирних кислот з 0,02 до 0,81% зменшує температуру піролізу з 221°C до 150°C. Залізо і мідь каталізують піроліз жиру.

Продукти піролізу погіршують колір жиру під час смаження харчових продуктів. Потемніння жиру відбувається за рахунок забруднення його речовинами пірогенетичного розпаду, дрібних частинок, що утворюються в процесі обвуглювання, реакцій меланоїдиноутворення і карамелізації, а також накопичення темнозабарвлених продуктів окислення самого жиру.

Зміна запаху жиру за тривалого смаження продуктів викликана утворенням акролеїну. Карбонільні сполуки, що утворюються під час смаження:

- *надають жиру приємний запах смаженого* (містять у своєму складі парну кількість атомів вуглецю — 4, 6, 10, 12);
- *погіршують запах і смак жиру* (містять непарну кількість атомів вуглецю — 3, 5, 7).

Псування жирів

Розрізняють три основні види псування жирів: *прокисання*, *згіркнення* й *осалювання*.

Прокисання є початковою стадією псування жирів і пов'язано тільки з їх гідролізом і накопиченням вільних жирних кислот, що надають жирам кислого смаку.

Згіркнення відбувається в результаті окиснення ненасичених жирних кислот, які знаходяться як у вільному стані, так і тих, які утворилися в результаті попереднього процесу. Кінцевими продуктами окиснення є низькомолекулярні сполуки: кислоти (наприклад, масляна), альдегіди, кетони й інші сполуки, що надають жирам гіркового смаку і різкого, неприємного запаху.

Згіркнення жирів може відбуватися внаслідок *хімічних і біохімічних процесів*.

Хімічне згіркнення перебігає в умовах контакту жиру з киснем повітря і носить назву автоокиснення жирів. Найбільшим змінам підлягають жири, які містять значну кількість залишків високонасичених кислот з накопиченням вільних жирних кислот, іноді низькомолекулярних, не властивих цьому жиру, збільшується пероксидне число, утворюються леткі карбонільні сполуки (альдегіди і кетони). Саме ці сполуки надають запах згіркlosti жиру.

Біохімічне згіркнення викликається специфічними пліснями, життєдіяльність яких затухає зі зниженням температури і повністю припиняється за високих температур. В процесі біохімічного згіркнення, що відбувається за участі ферментів плісняви, утворюються кетокислоти і метилалкілкетони в результаті β -окиснення вільних жирних кислот, що утворюються під час гідролізу ліпаз. Із кислот утворюється кетон, що містить на один атом вуглецю менше, ніж в початковій кислоті. Кетонне згіркнення іноді називають «*духмяним згіркненням*» у зв'язку зі своєрідним запахом продуктів окислювального псування.

Запобігти такому окисненню можна за умов низьких (зберігання у холодильниках) або високих температур (перетоплювання жирів).

Осалування — найбільш глибокий процес псування жирів, протягом якого появляється сальна мазеподібна консистенція, підвищується температура топлення, відбувається знебарвлення жиру і він приймає салістий присмак в результаті окиснення ненасичених кислот до оксикислот. Кількість їх визначають за *ацетиловим числом*, яке зростає зі збільшенням кількості оксигруп.

Оксикислоти, що утворилися, залучаються до процесу полімеризації, внаслідок чого утворюються високомолекулярні сполуки і жир набуває характерної сальної мазеподібної консистенції.

Процес осалування супутній процесу згіркнення. Жир, який осалився, не може бути використаний як харчовий продукт, його використовують тільки для технічних цілей.

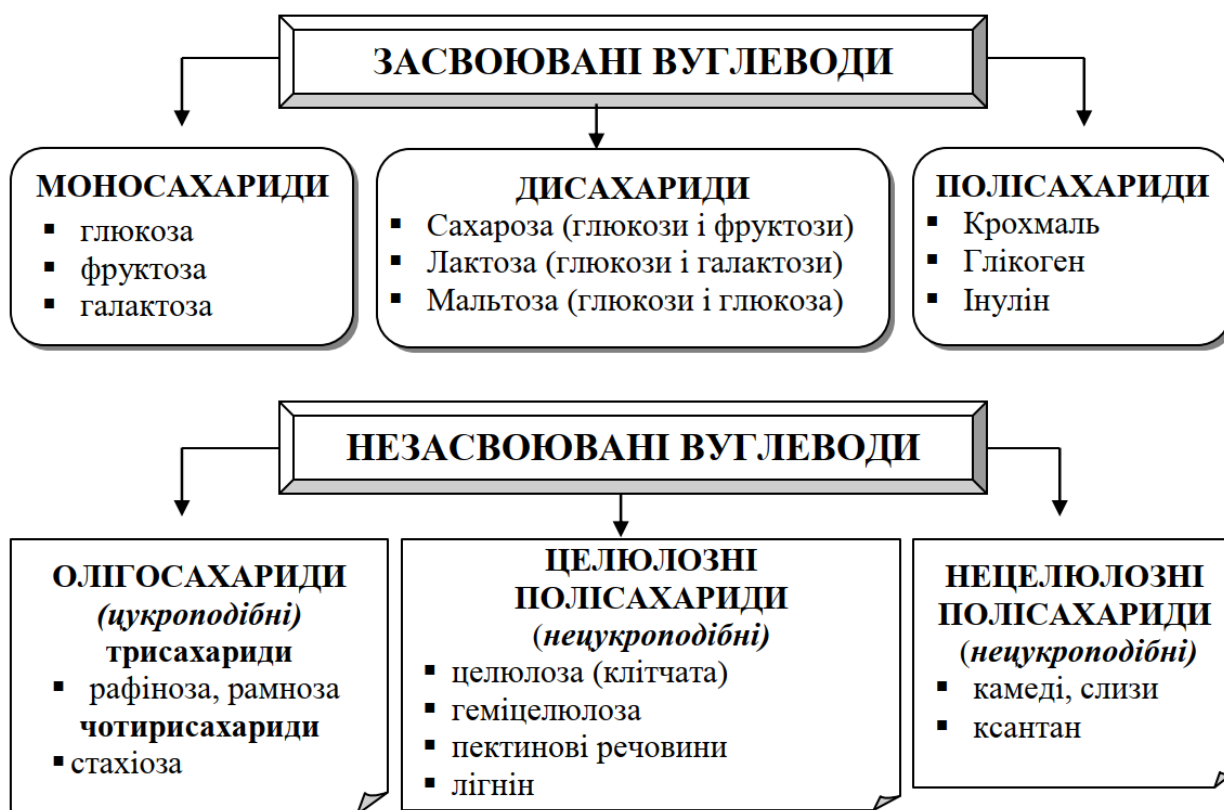
Зміна забарвлення жирів пов'язана з руйнуванням каротиноїдів, яке настає до початку окислювальних змін. Відбувається також і розпад токоферолів. Жир, що знебарвлюється, інколи набуває зеленуватого забарвлення, змінюється його спектр поглинання. Ці зміни каротиноїдів дозволяють виявити окислювальні зміни жирів на ранніх стадіях.

ВУГЛЕВОДИ ТА ЇХ ЗМІНИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Вуглеводи — складні природні органічні сполуки, які містяться в основному в продуктах рослинного походження — до 90% від усіх сухих речовин, в тваринному до 2%, переважно солодкі на смак.

Завдяки тому, що вуглеводи краще за інші харчові речовини розщеплюються із звільненням відповідної кількості енергії, вони особливо важливі у харчуванні людини як джерела енергії.

Згідно сучасній класифікації вуглеводи поділяють на *складні і прості*. До простих відносять моносахариди, до складних — олігосахариди та полісахариди. За засвоюваністю організмом людини вуглеводи поділяються на *засвоювані* (доступні) і *незасвоювані* (недоступні) (рис.).



Характеристика моносахаридів

- **Глюкоза** (виноградний цукор) у вільному стані міститься в ягодах і фруктах. З молекул глюкози побудовані крохмаль, глікоген, мальтоза; глюкоза є складовою частиною сахарози, лактози.

- **Фруктоза** (плодовий цукор) міститься в чистому вигляді у бджолиному меді, ягодах і фруктах; є складовою частиною сахарози.

- **Галактоза** — складова частина молочного цукру (лактози), яка міститься в молоці ссавців, рослинних тканинах, насінні.

- **Арабіноза** міститься в хвойних рослинах, у буряковому жомі, входить до складу пектинових речовини, слизу, гуми (камедь), геміцелюлози.

Характеристика олігосахаридів

Олігосахариди — це полісахариди, молекули яких містять від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. Відповідно до цього розрізняють дисахариди, трисахариди і т. д.

До дисахаридів належать мальтоза, сахароза і лактоза.

▪ *Мальтоза* — утворюється як проміжний продукт в результаті дії амілаз на крохмаль (або глікоген) і складається із залишків глюкози.

▪ *Сахароза* — звичайний харчовий цукор, молекула якої складається з залишку глюкози і фруктози.

▪ *Лактоза* міститься тільки в молоці і складається із залишку галактози і глюкози.

▪ *Рафіноза* — містить залишки фруктози, глюкози і галактози, найбільш поширений. Вона знаходиться в значних кількостях в цукровому буряку і у багатьох інших рослинах, зокрема у бобових.

Характеристика гомополісахаридів

(складаються з однакових моносахаридних ланок)

За функціональним призначенням полісахариди поділяють на структурні (целюлоза) і резервні (глікоген і крохмаль).

▪ *Крохмаль* є комплексом двох гомополісахаридів: лінійного — *амілози* і розгалуженого — *амілопектину*, молекули яких побудовані із залишків глюкози.

▪ *Глікоген* — полісахарид, що міститься в тканинах тварин, близький за своєю будовою до амілопектину з сильно розгалуженими ланцюжками.

▪ *Целюлоза* (або клітковина) — основний структурний компонент оболонки рослинної клітини, гомополісахарид *глюкози*, здатний зв'язувати воду (до 0,4 г води на 1 г клітковини).

▪ *Геміцелюлози* — полісахариди клітинної оболонки, що складаються з полімерів *глюкози* та інших *гексоз*. Вони здатні також утримувати воду і зв'язувати катіони.

▪ *Декстрини* — гомополісахариди, побудовані із залишків *глюкози*, утворюється з сахарози під дією специфічного ферменту декстрансахарази, що виробляється бактеріями. Декстрини використовують для отримання молекулярних сит — сефадексів різних марок.

▪ *Пентозани* — целюлозоподібні полісахариди, побудовані з *ксилози*, *арабінози* та інших *пентоз*. Особливо багаті пентозанами шкаралупа горіхів, соняшників, кукурудзяні початки, солома, жито.

▪ *Інулін* — високомолекулярний вуглевод, розчинний у воді. Міститься у великій кількості у бульбах земляної груші, і жоржини, в коренях кульбаби, цикорію, в артишоках. Інулаза гідролізує інулін з утворенням *фруктози* (міститься у рослинах, пліснявих грибах і дріжджах).

▪ *Слиз і гумі (камедь)* — група колоїдних полісахаридів, до яких належать розчинні у воді вуглеводи, що утворюють надзвичайно в'язкі і клейкі розчини (гумі, що виділяються вишневими, сливовими або мигдалевими деревами, слиз в льняному насінні, зерні жита).

▪ *Камеді* мають такі цінні властивості, як підвищена в'язкість, клейкість, здатність до набрякання і т.д. Камедь (гуміарабінотрагакант) застосовується в якості зв'язуючих речовин і загусників, служить емульгатором, стабілізатором в харчовій промисловості.

Гетерополісахариди (складаються із різного типу моносахаридних ланок)

▪ *Пектинові речовини* — полісахариди, основою яких є полігалактуронова (пектова) кислота, входять до числа основних компонентів рослин і водоростей у формі водорозчинного *пектину*, *протопектину*, а також у формі кальцієвих і магнієвих солей *пектинової кислоти*. Найважливіша властивість — комплексоутворювальна здатність, що ґрунтується на взаємодії молекули пектину з іонами важких металів, радіонуклідів. Вони виводять отруйні речовини із організму людини.

▪ *Протопектин* — нерозчинний у воді, в якому молекули *пектину* хімічно з'єднані з іншими компонентами клітинної стінки — *целюлозою*, *арабаном*, *галактаном*, *геміцелюлозою*, *структурним білком*. Під час гідролізу протопектину утворюється розчинний пектин (під час дозрівання плодів пектинові речовини розщеплюються пектолітичними ферментами і протопектин переходить в розчинний пектин).

▪ *Пектин* — розчинний у воді, утворює колоїдні розчини. Має гелеутворюючу здатність (утворює желе за певного співвідношення з органічними кислотами та цукром і широко використовується у виробництві мармеладу, пастили, зефіру).

▪ До *геміцелюлоз* відносяться гетерополісахариди рослин (*глюкоманани*, *галактоманани* і *ксилани*), які, як правило, супроводжують целюлозу і лігнін, причому ксилани і глюкоманани міцно адсорбуються на поверхні целюлози.

Вуглеводи харчових продуктах виконують важливі функціонально-технологічні функції, які полягають в забезпеченні їх солодкості, здатності зв'язувати воду, ароматичні речовини, забезпечувати якість і текстуру харчової продукції.

Солодкість — важлива властивість низькомолекулярних вуглеводів отримувати відчуття солодкості у роті під час споживання харчових продуктів. Шкала солодкості наведена у табл.

Шкала солодкості (за Бістер-Вудом)

Сахара	Один.	Цукрозамінники	Один.
Сахароза	100	Сахарин, цикламати	500
Глюкоза	74	Аспартам	180
Галактоза, мальтоза	32,5	Ксиліт	90
Фруктоза	173	Сорбіт	63
Інвертний цукор	130		
Лактоза	16		

Гідрофільність — здатність вуглеводів зв'язувати воду і контролювати активність води в харчових продуктах, зумовлена наявністю численних гідроксильних груп. Ці групи взаємодіють з молекулами води, що приводить до сольватації та розчинення вуглеводів та інших їх полімерів.

Ефект зв'язування води значною мірою залежить від структури цукру (фруктоза є значно більш гігроскопічною, ніж глюкоза; сахароза і мальтоза зв'язують однакову кількість води, а лактоза є набагато менш гігроскопічною).

Форми гідратів, що мають міцну кристалічну структуру, у меншій мірі здатні абсорбувати вологу. Неочищені цукор або цукрові сиропи в більшій мірі здатні абсорбувати воду, ніж очищені цукри (домішки перешкоджають утворенню водневих зв'язків між молекулами цукру).

Гідрофільність обумовлює необхідність у контролі надходження вологи до продукту, що містить вуглеводи. Наприклад, заморожені пекарські продукти не повинні містити значної кількості вологи, тому доцільно замість сахарози використовувати мальтозу, лактозу. В інших випадках потрібний контроль активності води, щоб запобігти втрати вологи під час зберігання (це застосування гігроскопічних вуглеводів, фруктових сиропів, інвертного цукру).

Зв'язування ароматичних речовин

Вуглеводи мають властивість зв'язувати ароматичні речовини

Леткі ароматичні речовини — це численна група карбонільних сполук (альдегіди, кетони), похідні карбонових кислот та інших.

Для більшості харчових речовин, під час одержання яких використовуються різні види сушіння, вуглеводи є важливими компонентом, вміст яких сприяє збереженню кольору та летких ароматичних речовин.

Здатність до зв'язування ароматичних речовин у дисахаридів виражена в більшій мірі, ніж у моносахаридів.

Суть цього процесу полягає в заміні взаємодії «цукор-вода» на взаємодію «цукор-ароматична речовина»:

Цукор-вода + ароматична речовина → *цукор-ароматична речовина* + вода

Ефективними фіксаторами аромату і кольору є великі вуглеводні молекули, наприклад, гуміарабік. Утворюючи плівку навколо цих речовин, він перешкоджає абсорбції вологи і втраті її за рахунок випаровування і хімічного окиснення. В харчовій промисловості для фіксації харчових ароматів використовують мікрокапсулювання сумішей гуміарабіку і желатину.

Утворення харчового аромату (*реакції карамелізації та меланоїдиноутворення*)

Продукти термічного розкладання цукрів включають піранові і фуранові сполуки, а також фуранони, лактони, етери. Наявність тих або інших ароматичних сполук надає кожному продукту властивого йому аромату.

Утворення тих чи інших ароматичних речовин залежить від перебігу цукор-амінної реакції та температури:

- D-глюкоза + гліцин за 100°C — *кармелевий аромат*;

- D-глюкоза + валін за 100°C — *аромат житнього хліба*, а за 180°C — *аромат шоколаду*;
- D-глюкоза + глютамін за 100°C — *аромат шоколаду*;
- D-глюкоза + пролін D-глюкоза — *запах смаженого білку*, а за 180°C — *аромат, притаманний випеченим виробам*;
- D-глюкоза + гістидин за 100°C не дає ніякого аромату, а за 180°C — *запах паленого цукру*;
- D-глюкоза + метіонін — утворюються продукти, що мають запах *картоплі*;
- D-глюкоза + цистеїн і цистин — запах *смаженого м'яса*.

Ці особливості необхідно враховувати під час виробництва харчових продуктів.

Функціонально-технологічні властивості полісахаридів

Полісахариди, які присутні в харчових продуктах (*крохмалі, модифіковані крохмалі, пектини, камеді, метилцелюлоза, полісахариди водоростей*), виконують важливі функціонально-технологічні функції, які полягають в забезпеченні їх якості і текстури: твердості, крихкості, густини, загущення, в'язкості, клейкості, гелеутворюючої здатності, відчуття у роті. Саме завдяки полісахаридам утворюється структура харчового продукту — м'яка або крихка, набрякла або желеподібна.

Полісахариди використовуються як:

- *загусники* — збільшують в'язкість;
- *гелеутворювачі* — змінюють структуру із плинної на постійну;
- *стабілізатори* — зберігають структуру протягом певного часу;
- *криопротектори* — запобігають розвитку пошкоджень продуктів при їх заморожуванні та подальшому відтаюванні;
- *структуроутворювачі* — здатність за певних умов утворювати гелі з певною структурою (наприклад, пористістю);
- *здатність «імітувати» стан насичення та зниження відчуття голоду.*

Усі розчинні полісахариди дають в'язкі розчини (*гідроколоїди*) через великий розмір їх молекул. Серед натуральних харчових полісахаридів найменш в'язкими є розчини гуміарабіку. В'язкість розчину залежить від *розміру молекули, форми і заряду*:

- якщо молекула має заряд за рахунок йонізації присутніх в ній карбоксильних груп, то ефект впливу заряду може бути дуже великим в усіх випадках, окрім дуже кислих розчинів.

В'язкість залежить від *присутності поліелектролітів* — впливають на конфігурацію і розмір молекули) і *природи присутніх сторонніх речовин* — можуть спричиняти гальмівну дію на витікання полімеру).

Все, що змушує нерозчинні лінійні молекули перетворюватись на більш витягнуті, призводить до збільшення в'язкості, і, відповідно, якщо в результаті якої-небудь дії молекули стають менш лінійними, тобто компактнішими або згорнутими, в'язкість розчину зменшується.

ПЕРЕТВОРЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Основні перетворення, що відбуваються у вуглеводах за різних видів технологічної обробки і зберігання харчових продуктів:

- *гідроліз ди- і полісахаридів (кислотний і ферментативний);*
- *реакції гідратації та дегідратації вуглеводів;*
- *реакції дегградації вуглеводів (карамелізації моно-, і ди-, полісахаридів; меланоїдиноутворення).*

Ці процеси відбуваються залежно від:

- складу вуглеводного комплексу;
- температури, вологості та рН середовища;
- наявності ферментів;
- присутності в продуктах інших компонентів, що взаємодіють з вуглеводами (білків, ліпідів, органічних кислот та інших).

Гідроліз дисахаридів

В процесі нагрівання дисахариди (сахароза, мальтоза, лактоза) під дією кислот або у присутності ферментів розпадаються на моносахариди.

Гідроліз сахарози (утворюється розчин рівної кількості глюкози і фруктози) називають ***інверсією***, бо проходить зміна напрямку обертання площин поляризації системи (із правоповоротного у лівоповоротний розчин).

Суміш рівної або еквімолекулярної кількості глюкози і фруктози називається ***інвертним цукром***. Він має більш солодкий смак, попереджує викристалізацію помадки.

Інверсія характерна для *гідролізу сахарози* і не спостерігається при гідролізі інших дисахаридів. В зв'язку з ним, фермент, гідролізуючий сахарозу називається *інвертазою*.

Ступінь інверсії сахарози залежить від:

- тривалості обробки;
- виду та концентрації кислот (найбільша інвертна здатність у щавлевої кислоти, у 10 разів менша у лимонної, в 15 разів у яблучної, у 17 — молочної, в 45 разів — оцтової).

Інверсія сахарози відбувається при варінні киселів, компотів, сиропів, приготуванні помадок, запіканні яблук.

Мед — це природний інвертний цукор, що утворюється за рахунок ферменту інвертази.

ГІДРОЛІЗ ПОЛІСАХАРИДІВ

Кислотний гідроліз крохмалю

При кислотному гідролізу крохмалю послаблюються і розриваються асоціативні зв'язки між амілозою і амілопектином, наростає число вільних альдегідних груп, зменшується ступінь полімеризації.

У міру проходження гідролізу вміст декстрину зменшується, глюкози — збільшується, концентрація мальтози, три- і тетрасахаридів спочатку збільшується, потім їх кількість знижується.

Разом з основним процесом (гідролізом крохмалю) відбуваються побічні реакції реверсії і розкладання глюкози.

Продукти розкладання глюкози, що накопичуються в патоці, погіршують її склад, колір, підвищують гігроскопічність. Домішки, що присутні в крохмалі, сприяють перебігу інших побічних реакцій з утворенням темних барвних сполук.

Кислотний гідроліз був головним в отриманні глюкози з крохмалю та має істотні недоліки (високі концентрації кислот і висока температура), що призводить до утворення продуктів термічної деградації і дегідратації вуглеводів та реакції трансглікозілювання.

Ферментативний гідроліз крохмалю

Крохмаль гідролізується під дією амілолітичних ферментів — α -амілази і β -амілази з утворенням декстринів.

Декстрин — це полісахарид з проміжною довжиною ланцюга, що утворюються в результаті дії амілаз.

Схему гідролізу крохмалю можна представити так:

Крохмаль $\xrightarrow{\alpha\text{-амілаза}}$ **α -декстрини** (багато) + **мальтоза** (мало) + **глюкоза** (мало)

Крохмаль (глікоген) $\xrightarrow{\alpha\text{-амілаза}}$ **мальтоза (54–58%)** + **β -декстрин (42–46%)**

Ферментативний гідроліз крохмалю використовується:

- в хлібопеченні (процес приготування тіста і випічки хліба);
- виробництві пива (отримання пивного сусла, сушка солоду);
- квасу (отримання квасних хлібців);
- спирту (підготовка сировини для бродіння);
- різних цукристих крохмалопродуктів (глюкози, патоки, цукрових сиропів).

Ферментативний гідроліз некрохмалистих полісахаридів

Гідроліз *целюлози* відбувається під дією комплексу *целюлітичних ферментів*.

Гідроліз *геміцелюлоз* має місце під дією великого комплексу *геміцелюлазних ферментів*. Ця група полісахаридів під час гідролізу дає досить різноманітний набір сполук: глюкозу, фруктозу, манозу, галактозу, ксилозу, арабінозу, глюкуронову і галактуронову кислоти.

Гідроліз *пектинових речовин* має місце під дією *пектолітичних ферментів*:

- *пектинестераза* — гідролізує естерні зв'язки в пектиновій кислоті і пектині і відщеплює метиловий спирт;
- *полігалактураназа* — здійснює гідролітичне розщеплення α -1,4-глікозидних зв'язків в ланцюзі пектинових речовин і за своєю дією на пектинові речовини поділяється на ендої екзоферменти;
- *протопектиназа* — це фермент, що діє на протопектин.

Ферментативний гідроліз некрохмалистих полісахаридів використовується в харчовій галузі для повнішої переробки сировини і поліпшення якості продукції:

▪ під час виробництва солоду має значення для утворення барвних і ароматичних продуктів (в процесі висушування солоду і створенні певних органолептичних властивостей пива);

▪ у виробництві соків і виноробстві — для освітлення, збільшення виходу соку, поліпшення умов фільтрації.

Набрякання, клейстеризація та старіння крохмалю

Набрякання і клейстеризація — найважливіша властивість крохмалю, від якої залежить вихід, об'єм, консистенція продуктів на його основі. Він набрякає, поглинаючи велику кількість розчинника і значно збільшуючись в об'ємі.

Під час нагрівання крохмальної суспензії до 50...60°C відбувається обмежене і зворотне поглинання води зернами крохмалю. Зерна стають прозорими. Під час видалення води обережним висушуванням властивості крохмалю не змінюються: зберігається форма, шаруватість зерен, подвійне променезаломлення ними поляризаційного світла.

Подальше нагрівання до температур 80...90°C призводить до необоротного сильного набрякання, яке супроводжується збільшенням об'єму зерен у декілька разів, втратою шаруватості, переходом у розчин низькомолекулярної фракції амілози.

Нагрівання вище 100°C викликає розпад зерен. При цьому клейстер являє собою розчин полісахаридів (амілози і амілопектину), в якому дисперговано фрагменти зруйнованих зерен.

Здатність до клейстероутворення зумовлена наявністю в крохмалі амілопектину. В'язкість амілопектинової фракції вища, ніж амілозної внаслідок розгалуженої будови молекули амілопектину.

Як правило, великі крохмальні зерна клейстеризуються за нижчої температури, ніж дрібні. Температуру, що відповідає руйнуванню внутрішньої структури крохмальних зерен, називають *температурою клейстеризації*. Вона залежить від джерела одержання крохмалю (табл.)

Температура клейстеризації крохмалів

Вид крохмалю	Вміст амілози, %	Температура клейстеризації, °C
Картопляний	23	58–66
Кукурудзяний	28	62–70
Пшеничний	26	53–65
Рисовий	18	61–78
Вівсяний	27	56–62
Гороховий	35	57–70

В'язкість крохмальних клейстерів має значення при виробництві соусів, киселів та інших для одержання необхідної консистенції. Чим більшу в'язкість має клейстер, що містить певну кількість крохмалю, тим менше його потрібно витратити для отримання продуктів з необхідною в'язкістю. Для отримання клейстеру з однаковою в'язкістю треба брати різні кількості того або іншого крохмалю. Картопляний крохмаль дає клейстер зі значно більшою в'язкістю, ніж кукурудзяний.

Фактори, що впливають на клейстеризацію крохмалю

Клейстеризація крохмалю, в'язкість крохмальних розчинів, характеристика крохмальних гелів залежать не лише від температури, але і від інших присутніх компонентів — *цукру, білків, жирів, харчових кислот і кількості води*.

- *Сахароза* — збільшення концентрації сахарози зменшує швидкість клейстеризації крохмалю, знижує пік в'язкості, в'язкість клейстерів збільшується. Однак встановлено, що дисахариди зменшують силу крохмальних гелів, відіграючи роль пластифікатора, втручаючись в утворення зон зв'язування.

- *Харчові кислоти* — в'язкість крохмальних клейстерів зменшується зі зниженням рН. За низьких рН має місце інтенсивний гідроліз з утворенням незагусаючого декстрину. Тому для уникнення кислотного розрідження в кислих продуктах в якості загусника використовують модифіковані крохмалі.

- *Кислоти і цукри одноразово* — додавання до підкислених клейстерів значної кількості сахарози уповільнює гідроліз, що відбувається через високу її гідратаційну здатність, а через це — недостатнє зв'язування води зернами крохмалю.

- *Хлорид натрію* навіть у незначних концентраціях знижує в'язкість крохмального клейстеру.

- *Поверхнево-активні речовини* підвищують температуру досягнення максимальної в'язкості, проте ці речовини стабілізують клейстер під час зберігання.

- *Білки* є або натуральними супутниками крохмалю в природних системах, або їх додають у вигляді молока та яєць. Вони мають стабілізуючий вплив на крохмальні клейстери.

- *Ліпіди* (жири, олії) — жири, які можуть утворювати комплекси з амілозою, гальмують набрякання крохмальних зерен. У виробництві випічки клейстеризації крохмалю значно перешкоджають два чинники: великі концентрації жиру і низька активність води. Моногліцериди жирних кислот (C16-C18) призводять до збільшення температури клейстеризації, збільшення температури, що відповідає піку в'язкості, зменшенню сили гелю.

- *Кількість води* — для повної клейстеризації крохмальних зерен потрібне співвідношення «крохмаль : вода — 1:10». Тому під час випікання булочних виробів процес клейстеризації значно відрізняється, оскільки води в системі в три рази менше, ніж потрібно (це сприяє утворенню сухої та еластичної м'якушки в виробах).

Властивості крохмальних клейстерів

Прозорість клейстерів. Клейстери з бульбових культур мають прозору безкольорову желеподібну консистенцію, із зернових — непрозору молочно-білу пастоподібну. Клейстер кукурудзяного амілопектинового крохмалю за властивостями ближчий до картопляного.

Прозорість клейстерів крохмалю залежить від присутності інших речовин:

- *поверхнево-активні речовини, цукор* значно збільшують цей показник.

- *білкові речовини, харчові емульгатори* роблять клейстери непрозорими.

Драглеутворююча здатність клейстерів. Крохмальні клейстери в концентраціях, починаючи від 4%, протягом певного часу здатні утворювати драглі. Для одержання желеподібної консистенції застосовують картопляний крохмаль або інші бульбові крохмалі, а для виготовлення в'язких пастоподібних мас — кукурудзяний або інші зернові крохмалі.

Під час зберігання або заморожування в драглях відбувається відшаровування води та ущільнення структури самих драглів. Для одержання стійких до синерезису драглів використовують амілопектинові крохмалі, зокрема воскоподібної кукурудзи, або модифіковані.

Желеутворююча здатність крохмалю. Здатність крохмалю утворювати желе проявляється за достатнього вмісту крохмалю в клейстері, а утворення і властивості желе з них залежать, в основному, від амілозної фракції. Відомо, що желе утворюються в тих випадках, коли молекули мають будову ланцюга (лінійну). Утворення желе використовується, наприклад, у виготовленні киселів, запіканок, цукерок, ковбас та інших. Желе з крохмалів різних видів за своїми властивостями не однакові.

Властивості крохмальних желе залежать від концентрації крохмалю, тривалості вистоювання та інших чинників. Міцність желе швидко зростає з часом їхнього зберігання і вистоювання, найшвидше це відбувається у концентрованих желе.

Плівкоутворююча здатність клейстерів. Крохмальні клейстери, особливо багаті на амілозу, утворюють міцні плівки з низькою кисневою проникністю. Плівки, отримані з крохмалю, аморфні, ступінь кристалізації змінюється залежно від умов формування плівки. Механічні властивості плівок з амілопектину мають більш ламкий характер, ніж з амілози.

Наявність присмаку «сирого зерна» в клейстерах. «Крохмальний» смак або смак «сирого зерна» викликають неуглеводні компоненти гранул крохмалю. Цей смак послаблюється під час варіння і може бути повністю замаскований іншими смаковими речовинами.

Менш виражений крохмальний смак бульбових та амілопектинових крохмалів може бути результатом меншого вмісту в них ліпідів *Ретроградація клейстерів.* Крохмальні клейстери під час зберігання або охолодження піддаються старінню (ретроградації).

Ретроградація — це процес, який полягає в переході амілози і амілопектину з обводненого, клейстеризованого стану в кристалічний. Вода із зв'язаної перетворюється на вільну. Полісахариди крохмального зерна притягуються, утворюють водневі зв'язки між собою, ущільнюються, що приводить до набуття ними кристалічної структури, притаманної нативним зернам крохмалю.

Желе, що змінили первинну міцність під час зберігання, після вторинного нагрівання набувають її знову, тобто явище структуроутворення є оборотним за нагрівання, причому у рисових і пшеничних крохмалів спостерігається повна оборотність, а у картопляних — обмежена.

У крохмальних желе, особливо з картопляного крохмалю, з часом спостерігається синерезис, що проявляється в тому, що в результаті ущільнення структури гелю виділяється вільна вода на поверхні.

ПРОЛІЗ КРОХМАЛЮ

У результаті термічної обробки сухого крохмалю протікають складні перетворення, які представлені рядом хімічних реакцій.

На перших етапах (до 130°C) відбувається втрата всієї капілярної і частини зв'язаної вологи. Подальше підвищення температури призводить до прискорення розщеплення полісахаридних молекул, необерненого відділення води, зміни структури вуглеводів за рахунок утворення нових *a*- та *b*-зв'язків, тобто має місце реакція рекомбінації.

МОДИФІКОВАНІ КРОХМАЛІ

Поряд з натуральними крохмалю широко застосовують крохмалепродукти, одержані в результаті модифікування та розщеплення перших унаслідок хімічної, фізичної, біологічної або комбінованої дії, а також похідні крохмалю. У молекулі крохмалю є багато вільних гідроксильних груп, які здатні вступати в хімічні реакції з багатьма сполуками і утворювати етери та різні похідні.

На цьому засновано отримання різних модифікованих його похідних.

Модифіковані крохмалі широко використовуються:

- під час одержання випечених та оздоблювальних напівфабрикатів;
- як згущувачі, стабілізатори, емульгатори;
- як носії, що підсилюють заданий смак та аромат;
- відрізняються підвищеною стабільністю та прозорістю клейстерів;
- здатні утворювати міцні плівки.

Використання модифікованих крохмалів обумовлено обмеженим спектром властивостей нативних крохмалів, а саме: неналежна в'язкість клейстерів, низька стабільність останніх за підвищеної температури, кислотності середовища, швидке старіння під час зберігання клейстерів або заморожування-розморожування.

Види модифікованих крохмалів

▪ ***Резистентні крохмалі.*** За високотемпературної технологічної обробки крохмалів зернових культур можуть утворюватись так звані *резистентні крохмалі*, які відрізняються низьким ступенем атакуємості ферментами травлення та нижчим ступенем засвоюваності в організмі людини та є природними інгредієнтами продукції оздоровчої дії.

▪ ***Пористі крохмалі.*** Крохмаль, що диспергований у водних системах за відповідних умов заморожування та відтавання, піддається необоротним перетворенням: утворюється нерозчинний у воді пористий крохмаль. Він характеризується високою всмоктуючою здатністю і структурою, яка подібна до структури випеченого хліба.

▪ ***Розщеплені крохмалі.*** Їх одержують термічною або механічною обробкою, дією кислот, окислювачів, солей, амілаз, використанням опромінення, ультразвуку, *g*-променів, бомбардуванням електронами. При цьому молекули

крохмалю піддаються деструкції, що призводить до зменшення молекулярної маси, появи нових внутрішньо- і міжмолекулярних зв'язків. Для розщеплених крохмалів характерні підвищена стабільність властивостей під час зберігання, низька в'язкість, більша прозорість клейстерів.

▪ **Гідролізовані крохмалі.** Для гідролізу використовують соляну або сірчану кислоти, а також амілолітичні ферменти. За зовнішнім виглядом зерна цього крохмалю не відрізняються від зерен нативного, але їх кристалічність є більш вираженою. Гарячі клейстери, навіть концентровані, є рідкими, а під час охолодження твердішають, утворюючи еластичні драгли. Гідролізований крохмаль використовують як сировину під час виготовлення желе для оздоблення тістечок та тортів.

▪ **Окислені крохмалі.** Модифіковані крохмалі цього типу за зовнішнім виглядом не відрізняються від нативних. Їх виробляють під дією на зерна крохмалю гіпохлоритів, перманганатів, перекисів, йодної кислоти, її солі, броматів та інших сполук. Усі окислені крохмалі використовуються як желуючий компонент для виготовлення оздоблювальних напівфабрикатів під час виготовлення кондитерських виробів, а також під час виробництва булочної продукції для надання еластичності м'якушці та запобігання черствінню.

▪ **Набрякаючі крохмалі.** Готуються шляхом попередньої клейстеризації водної суспензії крохмалю і подальшого висушування клейстеру в тонкому шарі на парових барабанних вальцювих сушилах. Набрякаючі крохмалі, контактуючи з водою, поглинають її значно більше, ніж нативний крохмаль, сильно збільшуючись при цьому в об'ємі; вони відрізняються підвищеною розчинністю в холодній і теплій воді. Набрякаючі крохмалі використовують для виготовлення начинки для пирогів, як загущувач та стабілізатор під час виробництва тортів та тістечок.

▪ **Екструзійні крохмалі.** Вони за своїми властивостями відносяться до групи набрякаючих, а за методом обробки — до підданих вологотермомеханічній дії за температур клейстеризації.

У ході обробки продукт набуває іншої структури, стає крихким, при контакті з водою набрякає і частково розчиняється.

Екстудовані крохмалі відрізняються збільшеною вологоутримуючою здатністю. Застосовуються вони як загущувачі під час виготовлення оздоблювальних напівфабрикатів для борошняних кондитерських виробів.

КАРАМЕЛІЗАЦІЯ

Нагрівання *сахарози, глюкози і фруктози* до температури понад 100°C у нейтральному або слабко кислому середовищі призводить до їх дегідратації з утворенням *ангідридів цукрів* — ненасичених продуктів, які мають високу реакційну здатність.

Карамелізація — процес перетворення цукру при високих температурах в аморфну масу, більш або менш інтенсивно пофарбовану в жовто-коричневий колір.

Продукти карамелізації:

- *карамелан* — світло-солом'яного кольору;

- *карاملен* — яскраво-коричневого кольору;
- *карاملін* — темно-коричневого кольору.

Розчинність продуктів карамелізації знижується: *карاملан* добре розчинний у холодній воді, *карاملен* — добре у гарячій воді, а *карاملін* — поступово лише у гарячій воді.

За подальшої дегідратації утворюється *оксиметилфурфурол*, який термічно розпадається на мурашина і левулінова кислоти. Ароматичні леткі речовини значною мірою впливають на органолептичні показники продукції.

Карамелізація залежить від багатьох факторів:

- виду та концентрації цукру;
- тривалості та температури;
- рН середовища;
- присутності інших речовин.

Особливо чутливою до нагрівання є фруктоза, її карамелізація проходить в 6...7 разів швидше, ніж глюкози. Сахароза за нагрівання в ході технологічного процесу в слабкокислому або нейтральному середовищі піддається частковій інверсії з утворенням глюкози і фруктози. Ці моносахариди піддаються подальшим перетворенням.

Інтенсивність солодкого смаку цукрів після карамелізації знижується.

МЕЛАНОЇДИНОУТВОРЕННЯ

Меланоїдиноутворення (реакції неферментативного потемніння — *реакція Майяра*) — взаємодія відновлюючих цукрів (*моносахаридів і дисахаридів*), таких, що містяться в продукті і таких, що утворюються під час гідролізу більш складних вуглеводів (карбонільних груп) з амінокислотами, пептидами і білками (*аміногрупами*) з утворенням темнозабарвлених продуктів (меланоїдини — від грецького «меланос» — темний).

Амінокислоти у складі білків менш реакційно здатні до цукроамінної конденсації, ніж у вільному стані (більшість гідролізатів білків мають темне забарвлення).

Фактори, що впливають на швидкість і глибину процесу меланоїдиноутворення

- *рН середовище*: найбільш сприятливе рН 7,8...9,2;
- *вологість*: за дуже низького і за дуже високого вмісту. вологи не спостерігається потемніння, максимальне — за проміжного вологовмісту;
- *температура*: з підвищенням температури швидкість реакції зростає;
- *вплив іонів металів*: за присутності Cu^{2+} і $(\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+})$. Інтенсивність потемніння зростає, іони Na^+ не впливають;
- *вплив структури цукру*:
 - D-ксилоза > L-арабіноза (пентози);
 - D-галактоза > D-маноза > D-глюкоза > D-фруктоза (гексози);
 - мальтоза > гексози > лактоза > сахароза (дисахарози);
- *вплив характеру амінокислоти*: чим далі розташована аміногрупа від карбоксильної, тим активнішою є ця амінокислота в реакції Майяра.

ВУГЛЕВОДИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЇХ ЗМІНИ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

У харчових продуктах містяться моносахариди, дисахариди, полісахариди та вуглеводи клітинних стінок. До складу харчових продуктів входять як самі моносахариди, так і продукти їх біологічної та технологічної трансформації, які виникають за рахунок реакції окислення та відновлення.

Вуглеводи в продуктах харчування представлені моносахаридами (глюкоза, фруктоза, галактоза та ін.), дисахаридами (сахароза, мальтоза, лактоза та інші) і полісахаридами (крохмаль, глікоген, целюлоза, пектинові речовини та інші).

Овочі, фрукти та ягоди багаті на вуглеводи, які містяться у вигляді цукрів (сахарози, фруктози, глюкози), крохмалю, клітковини, інуліну. Вміст цукрів коливається від 0,2 до 10 %:

- *глюкози* — виноград, агрус, малина (3,9...7,3%), баклажани, капуста білокачанна, морква, гарбузи, кавуни (2,1...3%);
- *фруктози* — виноград, кавуни, груші, яблука, агрус, малина (5,2...7,2 %),
- *сахарози* — буряк столовий, цибуля ріпчаста, диня, персик (5,9...8,6 %),
- *крохмалю* — борошно, крупи, бобові (47,4...68,7%), картопля (15–20 %), зелений горошок (5–6,9 %), цукрова кукурудза (4–10 %), в інших овочах його зовсім немає або є в незначних кількостях.

- *клітковини* — малина, суниці, обліпиха (4,0...5,1%), апельсини, лимони, перець червоний солодкий, баклажани, морква (1,2...1,4%);

- *пектин* — буряк столовий, фрукти та ягоди (0,6...1,1%);

- *інулін* — до 20 % у топінамбурі, часнику, корені цикорію.

Лактоза міститься в молоці та молочних продуктах (4,5...5,8%). Найбільше лактози у кобилячому молоці, найменше — у козиному. У нежирному кисломолочному сирі лактози 1,8%, у жирному — 2,8%. Гідроліз лактози в кишечнику відбувається повільно, що обмежує процеси бродіння та сприяє нормалізації діяльності кишкової мікрофлори — молочнокислих бактерій, які є антагоністами бактерій гниття.

Морські водорості багаті на цінні вуглеводи:

- у *бурих водоростей* вміст вуглеводів 70%, до складу яких входить альгінова кислота, яку широко використовують у харчовій промисловості;

- *зелені морські водорості* мають менший вміст вуглеводів 30–35%;

- *червоні водорості* вміщують до 70% вуглеводів, з полісахаридів яких найбільш цінні слизисті цукри — агар.

Всі полісахариди входять у склад клітинної оболонки водоростей у вигляді натрієвої, калієвої та кальцієвої солей.

Особливу цінність представляє наявність у водоростей *альгінової кислоти*. Багато лікувальних ефектів морської капусти, пояснюються саме цим полісахаридом, сорбційні можливості якої не поступаються жодному природному сорбенту. Значну користь мають солі альгінової кислоти. Альгінати калію, натрію, магнію, розчиняючись у воді, утворюють в'язкі розчини. Саме ця

їх особливість дозволяє широко використовувати їх у якості стабілізаторів та в'язучих речовин для виготовлення харчової продукції. Альгінова кислота має чудову здатність сорбувати воду (у 300 разів більшу за власну масу). Сьогодні єдиним джерелом видобування альгінової кислоти є бурі морські водорості.

Тваринні продукти містять значно менше засвоюваних вуглеводів, ніж рослинні. *Глікоген* є формою запасання глюкози у тварин. У тварин найбільші кількості глікогену запасуються печінкою (7–10 % загальної маси) та скелетними м'язами (1–2 % від загальної маси). Невеликі кількості глікогену знаходяться в нирках, і ще менші — в клітинах мозку і білих кров'яних тільцях. М'ясний і печінковий глікоген подібні за будовою до крохмального амілопектину і засвоюються так само як крохмаль.

Зміни вуглеводів у технологічному процесі

Здатність сахарози до розчинення в технологічній практиці традиційно використовується для підсолоджування та надання їм певних структурно-механічних властивостей.

Шляхом технологічної трансформації цукру із кристалічного стану у склоподібний отримують значну кількість харчових виробів: карамелі, гріль'яжних мас, помадних мас, тощо. Температурний вплив на цукор може не призводити до глибоких змін його властивостей, а може викликати більш глибокі зміни, які призводять, водночас, до деструктивних і полімеризаційних процесів.

Серед основних змін цукрів, які проходять під впливом високих температур є зміна зовнішнього вигляду, кольору, смаку, запаху, а також фізико-хімічних показників, які, головним чином, зумовлені реакціями карамелізації та меланоїдиноутворення.

Карамелізація може відбуватися під час технологічного процесу:

- виготовлення сиропів, підварок, джемів;
- випікання та обсмажування виробів з борошна;
- сушіння крохмалю, цукру;
- пасерування борошна;
- смаження овочів тощо.

Інтенсивність технологічного процесу можна регулювати шляхом корегування параметрів процесу, досягаючи заданих результатів. За карамелізації, як правило, інтенсивність солодкого смаку цукрів знижується за рахунок деструкції цукрів та накопиченням полімерних сполук, що менш солодкі.

Утворення смачної, хрусткої, золотисто-коричневої скоринки хліба, його смак і аромат пов'язані з реакцією *меланоїдиноутворення*. Вона відбувається в процесі зберігання фруктових соків, при висушуванні фруктів і овочів, отриманні сухого молока, уварюванні цукрового сиропу, у виробництві солоду.

В процесі отримання вина, виготовлення коньяку і шампанського утворюються продукти меланоїдиноутворення, які впливають на колір, смак і аромат. За дуже тривалої витримки вина відбуваються глибокі зміни продуктів, що беруть участь в реакції меланоїдиноутворення, що призводить до зміни первинних властивостей вина.

Меланоїдиноутворення викликає фізико-хімічні, органолептичні зміни і визначає якість готової продукції, її харчову та біологічну цінність.

Меланоїдиноутворення практично завжди має місце при тепловій обробці продуктів рослинного і тваринного походження, оскільки у них є певна кількість редукуючих цукрів та вільних амінокислот, які утворюються в ході технологічного процесу.

Необхідно знати і враховувати в харчових технологіях:

- утворення меланоїдинових пігментів може бути бажаним (під час смаження м'яса, випікання хліба, виробництва безалкогольних напоїв і пива, кондитерських виробів та інших) або небажаним (наприклад, вони погіршують смак, колір і запах м'ясних екстрактів, бульйонних кубиків та інших концентратів, а також під час зберігання харчових продуктів — фруктових соків, сиропів, сухого молока, яєчного порошку та інших);

- за меланоїдиноутворення знижується харчова цінність продуктів в результаті сполучення білків, вітамінів, амінокислот в комплексні сполуки; чим вищою є інтенсивність утворення коричневого забарвлення, тим нижчою є харчова цінність білкових продуктів (втрачається 20...50% вільних амінокислот); із збільшенням температури і тривалості нагрівання ці втрати зростають, особливо під час обсмажування м'яса;

- деякі продукти реакції можуть бути мутагенними (D-глюкози і D-фруктози з L-лізином або L-глутаміновою кислотою);

- проміжні продукти реакції Майяра (глюкози і гліцину) мають антиокислювальну активність, сполучаючись з пероксидами або вільними радикалами, сповільнюють окисний процес;

- відповідне регулювання реакції Майяра під час виробництва харчового продукту позитивно позначиться на його якості в процесі зберігання.

Якщо утворення коричневих пігментів для харчових продуктів є небажаним, можна *інгібувати меланоїдиноутворення*, наприклад:

- значним зниженням вологості (для сухих продуктів);

- зниженням концентрації цукру (розведенням);

- зниженням рН і температури (для рідких продуктів).

Також можна видалити один з компонентів субстрату (зазвичай, цукор), наприклад, в отриманні яєчного порошку, щоб не допустити появи запаху. Перед висушуванням додають глюкозооксидазу, що призводить до руйнування D-глюкози і утворення D-глюконової кислоти.

Щоб затримати небажані зміни, використовують сполуки, що легко з'єднуються з карбонільними сполуками, наприклад, пероксид водню, сірчисту кислоту, бісульфат натрію та оксид сірки. SO₂ захищає від потемніння, але не оберігає продукти від втрати амінокислот (наприклад, лізину).

Для запобігання побурінню картоплі у процесі смажіння її протягом двох тижнів зберігають за температури 20°C, що спричиняє ресинтез крохмалю з відновлювальних цукрів, утворюваних під час охолодження (або у процесі зберігання за певних умов).

Під час виробництва деяких продуктів треба уникати додавання цукрів, які характеризуються відновлювальними властивостями. Сахарозу або інші цукри бажано використовувати у невеликих концентраціях та додавати наприкінці або після закінчення термообробки.

Вуглеводи клітинних стінок рослин

Рослинна клітина складається з протопласта (цитоплазми і ядра) та жорсткої клітинної оболонки. Окремі клітини скріплені між собою за рахунок міжклітинної речовини, яка має назву серединних пластинок. Сукупність клітинних оболонок і серединних пластинок утворює клітинні стінки, а речовини, з яких вони утворені, у тому числі вуглеводи, називаються *речовинами клітинних стінок*.

Серединна пластинка складається, в основному, з геміцелюлоз і пектинових речовин. Поміж молекулами геміцелюлоз і пектинових речовин вбудовуються фібрили целюлози. Так формується первинна оболонка клітини. У подальшому вона стає більш товстою за рахунок нашарування додаткових шарів біополімерів, які утворюють вторинну оболонку.

Клітинні стінки складають 0,7...5,0% сирової маси плодів та овочів, їх кількість залежить від зрілості, умов вирощування, терміну і умов зберігання сировини та інших факторів. Всі речовини знаходяться в структурованому вигляді з утворенням надмолекулярних агрегатів за рахунок різних хімічних та фізичних взаємодій.

Геміцелюлоза разом з целюлозою і лігніном у високій концентрації міститься в багатьох фруктах і овочах, але особливо в злаках — овесі, пшениці, ячмені, просі, сої, нуті (5...10%). У рослинах вони виконують функцію опори та надають тканині міцності, що зумовлює консистенцію продукту. Для кожного виду рослинної сировини визначають спосіб технологічної обробки, тривалість, температура обробки, параметри середовища (присутність солей, значення рН), а також порядок закладання овочів згідно з рецептурою.

На відміну від целюлози геміцелюлоза має кращу розчинність, реагує з лужними розчинами, а також з мінеральними кислотами. Завдяки значній кількості гідроксильних груп геміцелюлози мають значну гідрофільність. Вони утримують воду в свіжих овочах, здатні до гідратації (наприклад, набрякання висушених овочів та фруктів), є учасниками перерозподілу води в процесі термічної обробки.

За рахунок карбоксильних груп геміцелюлози здатні бути учасниками іонообмінних реакцій у середовищі, пом'якшувати воду від солей насичення, а також зв'язувати іони металів, органічні речовини, які мають активні лужні групи.

Геміцелюлози практично не гідролізуються ферментами шлунку, частково гідролізуються в тонкому кишечнику та товстій кишці, здатні в кишечнику до набрякання, особливо після попередньої гідротермічної та термічної обробки.

Клітковина (целюлоза) — один з основних полісахаридів клітинних стінок, вміст якого складає 0,3...3,0% від маси їстівної частини овочів або 40...60% від маси клітинних стінок та залежить від ступеня стиглості овочів та плодів: зі

збільшенням ступеня стиглості вміст зростає. Це виявляється в нагромадженні «грубих» волокон та тканин. Наприклад, у молодому та зрілому редисі структура тканин, оцінювана експертами як консистенція, різна. Серед ягід великим вмістом клітковини характеризуються малина (5,1%), обліпіха (4,7%). Підвищений вміст клітковини у пастернакові (2,4%), хроні (2,8%), кропі (3,5%), артишоках (3,0%).

Клітковина у воді це нерозчинна, при цьому на ступінь розчинності не впливає температура, а також рН та присутність солей. Підвищена технологічна стійкість целюлози пояснюється ще й тим, що її лінійні полісахариди додатково скомпоновані в пучки, які отримали назву міцел. Міцели орієнтовані певним чином у клітинних стінках і занурені в неперервну аморфну масу «матрикс», що складається з геміцелюлоз, пектинових речовин, лігніну.

Найбільше значення для харчової промисловості має метиловий ефір целюлози — метилцелюлоза. Це гідрофільний білий порошок, що розчиняється в холодній (але не в гарячій) воді і утворює прозорий клейкий розчин або гель і використовується як загущуючий агент і емульгатор в харчових продуктах. Метилцелюлоза, як і целюлоза, не переварюється в організмі людини, нетоксична і не алергенна.

Дуже важливим компонентом клітинних стінок рослинних клітин є *пектинові речовини*. Пектинові речовини містяться в плодах (яблука, груші, цитрусові), ягодах (червона і чорна смородина тощо), бульбах (буряк, морква тощо) та інших. Хімічний склад та вміст пектинових речовин залежать від метеорологічних умов зростання, географічної зони, сортової приналежності, періоду розвитку та віку рослин.

В рослинах пектинові речовини містяться у вигляді нерозчинного *протопектину* в міжклітинній речовині і матриксі клітинної стінки, а також у вигляді розчинного *пектину* в соку овочів і плодів. До пектинових речовин також відносять пектову кислоту та її солі (пектати), пектинову кислоту та її солі (пектинати). Характерною і важливою властивістю розчинного пектину, пектатів та пектинатів є їх здатність утворювати гелі в присутності цукру (65–70% розчин) та кислоти (рН 3,1—3,5). В гелях міститься 0,2–1,5% пектину. Властивість пектинових речовин утворювати гелі в присутності кислоти і цукру широко використовується в кондитерському виробництві при виготовленні желе, мармеладу, джемів, пастили, фруктових начинок для цукерок.

Сировиною для їх отримання служать яблучні вичавки. Пектин, повністю звільнений від метоксильних груп, желуючою здатністю не володіє і називається пектовою кислотою. Пектинові речовини оберігають плоди та овочі від висихання, утримуючи колоїдну вологу, вони входять до складу клітинних стінок разом з клітковиною, виконуючи опорні функції.

Пектинові речовини характеризуються відносною стабільністю протягом періоду зберігання рослинної сировини. Їх кількісний вміст, стан, співвідношення та взаємні перетворення значною мірою визначають індивідуальну консистенцію плодів та ягід. У процесі зберігання плодів та овочів вони здатні «дозрівати», тобто під впливом різного роду ферментативних та

біохімічних процесів змінювати свою консистенцію та становитися більш м'якими. Причиною цих змін є значна деполімеризація пектинових речовин та перехід нерозчинного у воді протопектину в речовини з меншою молекулярною масою, які здатні до часткового розчинення, що особливо характерно для плодів та ягід. Трансформація протопектину у більш або менш розчинний пектин знижує міцність утримання клітинних структур у рослинній тканині, що, зрештою, з досягненням певних співвідношень визначає поняття «консистенція» готового виробу.

У процесі теплової обробки вуглеводи клітинних стінок і серединні пластинки значно змінюються. При нагріванні у вологому середовищі клітковина і більша частина геміцелюлоз набухають. Розчиняються у гарячій воді із геміцелюлоз арабан, галактан і глюкокан. Більш глибокі зміни відбуваються із пектиновими речовинами: протопектин розчиняється у гарячій воді. Під дією тепла частина пектинових речовин руйнується із втратою властивостей, які характерні для них. Крім цього, розриваються природні зв'язки між структурними елементами клітинних стінок і серединних пластинок, що приводить до зниження міцності та розмягчення рослинної сировини. Для зміни вуглеводів клітинних стінок та серединних пластинок необхідно присутність достатньої кількості вологи.

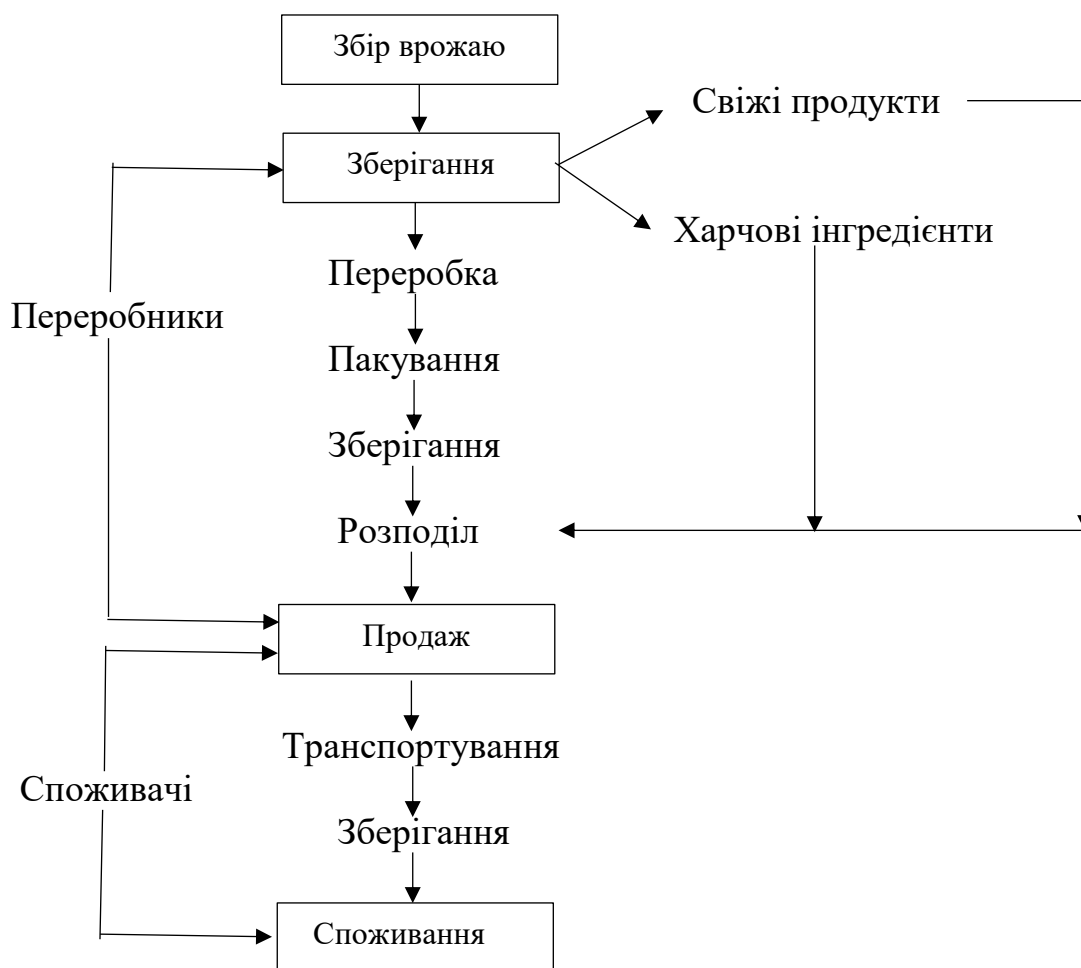
Питання для самоконтролю

1. Загальна характеристика білків та їх класифікація.
2. Функціонально-технологічні властивості білків.
3. Денатурація білків, її наслідки та використання у харчових технологіях.
4. Функціонально-технологічні властивості білків яєць та їх зміни технологічному процесі.
5. Функціонально-технологічні властивості білків молока та їх зміни технологічному процесі.
6. Функціонально-технологічні властивості білків м'яса, риби та їх зміни технологічному процесі.
7. Функціонально-технологічні властивості білків насіння, борошна та їх зміни технологічному процесі.
8. Загальна характеристика жирів.
9. Функціонально-технологічні властивості жирів.
10. Модифікація жирів.
11. Зміна жирів у процесі зберігання.
12. Карамелізація цукрів, умови процесу. Продукти карамелізації, їх властивості, вплив на якість основного продукту.
13. Меланоїдиноутворення та умови, що сприяють меланоїдиноутворенню. Технологічне значення і особливості цього процесу в різних харчових технологіях.
14. Крохмаль, функціонально-технологічні властивості крохмалю.
15. Вуглеводи в продуктах харчування та зміни їх у процесі технологічної обробки.

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Процес зберігання харчових продуктів передбачає дії, спрямовані на збереження природних властивостей цих продуктів протягом якомога більшого часу. Головним пріоритетом при виробництві продуктів харчування є їхня безпека. Тому розуміння впливу різних методів консервації на продукти харчування є критично важливим.

Вибір методу консервації починається з повного аналізу та розуміння всього ланцюжка виробництва продуктів харчування, що включає: вирощування, збирання, переробку, упаковку та транспортування:



Втрати якості продукції мають бути зведені до мінімуму на будь-якому етапі, тобто, якість залежить від загального контролю цього технологічного ланцюжка. Тут потрібно застосовувати комплексний підхід. По-перше, важливо визначити які властивості чи характеристики необхідно зберегти. Оскільки одна властивість може бути важливою для одних продуктів, але шкідливою для інших. Так, наприклад, при сушінні харчових продуктів відбувається утворення

скоринки поверхні. Це може бути бажаним у разі пластівців для сніданку, але небажано для інгредієнтів супу швидкого приготування, де потрібна швидка регідратація. Або, споживач очікує, що яблучний сік має бути прозорим, тоді як апельсиновий сік – має бути каламутним.

При зберіганні продуктів протягом певного періоду один або кілька показників якості можуть досягати небажаних значень. Тоді їжа вважається непридатною до споживання, тобто досягла кінця свого терміну придатності. Безпека їжі є основним показником якості. Показники якості продукту можуть бути різноманітними: зовнішній вигляд, органолептичні або мікробіологічні характеристики. Кожен фактор необхідно контролювати чи підтримувати на бажаному рівні.

Тривалість зберігання продуктів залежить від мети. У багатьох випадках дуже тривале зберігання не потрібно. Наприклад, стравам, приготованим для обіду, потрібен термін придатності лише один або навіть пів дня. В цьому разі немає сенсу забезпечувати безпеку такого товару на тижні чи місяці. В інших випадках, наприклад, продукти для мандрівників або запаси продовольства на період війни, тут потрібен тривалий термін зберігання до декількох років.

Важливо знати, для кого виготовляється консервована продукція. Вимоги та обмеження до харчових продуктів різні для різних груп населення. Харчове отруєння може призвести до летального результату, особливо для немовлят, вагітних жінок, літніх людей та людей з ослабленою імунною системою. Тому необхідно враховувати для яких груп виробляється продукція.

Під час зберігання та розподілу харчові продукти піддаються впливу широкого спектра умов довкілля. Фактори довкілля, такі як тиск, температура, вологість, кисень, світло можуть викликати реакції, які призводять до псування харчових продуктів. Внаслідок впливу цих механізмів харчові продукти можуть бути змінені настільки, що вони або викидаються споживачем, або завдають йому шкоди.

Основними причинами погіршення якості та псування харчових продуктів є механічні, фізичні, хімічні та мікробні дії (таблиця).

Основні механізми втрати якості

Мікро-біологічний	Ферментативний	Хімічний	Фізичний	Механічний
Зростання мікроорганізмів Неприємний смак Наявність токсинів	Потемніння Зміна кольору Неприємний смак	Втрата кольору Втрата смаку Неферментативне потемніння Втрата поживних речовин Окислення Прогіркість	Кристалізація Перекристалізація Фазові переходи Усадка Переміщення компонентів Руйнування	Ушкодження через вібрацію Пошкодження через тиск Розтріскування

Втрата якості може розпочатися ще в початковий момент через неправильне поводження з харчовими продуктами під час збирання, обробки та транспортування; це може призвести до скорочення терміну їх придатності.

Прикладами псування можуть бути: пошкодження фруктів та овочів під час збирання та післязбиральної обробки, що призводить до розвитку гнилі; бульбові та листові овочі втрачають воду при зберіганні в атмосфері з низькою вологістю, що згодом веде до їх в'янення; висушені продукти, що зберігаються в умовах високої вологості, можуть набрати вологу та стати сирими.

Конденсація вологи на харчових продуктах або їх перебування у вологій атмосфері сприяє розвитку мікробів, комах і може призводити до погіршення стану продуктів, що призводить до їх руйнування. Джерелами мікробних забруднень є ґрунт, вода, повітря та тварини (комахи, гризуни).

Механічні пошкодження (забиті місця та порізи) сприяють псуванню і часто викликають подальше хімічне та мікробне псування. Шкірка, панцир є природним захистом від такого роду псування. Через втрату води з фруктів та овочів відбувається їхнє зморщування.

У разі заморожених продуктів коливання температури часто є руйнівними. Опік морозильної камери є основним дефектом якості заморожених продуктів. Коливання температури можуть викликати зміну фази при розморожуванні або повторному заморожуванні продуктів. Так, коливання температури викликають перекристалізацію морозива, що призводить до небажаної текстури. Фазові переходи, пов'язані з плавленням та затвердінням жирів, погіршують якість цукерок та інших кондитерських виробів, що містять ліпіди.

Зростання кількості мікробів у харчових продуктах призводить до погіршення їх органолептичних характеристик та подальшого псування, а в деяких випадках продукти можуть стати і зовсім небезпечними для вживання.

Мікроорганізми мають здатність розмножуватися з високою швидкістю за наявності сприятливих умов. У кожного мікроорганізму є оптимальна температура, при якій він найкраще зростає, мінімальна температура, нижче за яку зростання припиняється, і максимальна температура, вище якої всякий розвиток пригнічується.

Перед збиранням урожаю фрукти та овочі, як правило, мають хороші механізми захисту від мікробної атаки, проте після відокремлення від рослини вони можуть легко піддатися розмноженню в них мікроорганізмів. Так само м'ясо після забою не здатне протистояти швидкому зростанню кількості мікробів. Патогенність деяких мікроорганізмів є серйозною проблемою безпеки харчових продуктів, оскільки вони виділяють хімічні речовини, токсичні для людини. Їх зростання у харчових продуктах може призвести до непривабливого зовнішнього вигляду та неприємного присмаку. Хімічні речовини з пакувальних матеріалів також можуть бути джерелом забруднення харчових продуктів.

Під час обробки та зберігання харчових продуктів відбуваються деякі хімічні зміни. Ці зміни можуть призвести до погіршення якості продуктів за рахунок зниження їх органолептичних та поживних показників. Багато ферментативних реакцій змінюють якість харчових продуктів. Наприклад, фрукти після розрізання швидко стають коричневими при кімнатній температурі через реакцію фенолази (ферменту, що містить мідь) з компонентами клітин у присутності кисню. Деякі ферменти, такі як ліпоксигеназа, можуть впливати на

якість продуктів харчування, навіть при негативних температурах. Інші фактори довкілля, такі як кисень, вода, рН, також викликають шкідливі зміни у харчових продуктах, які каталізуються ферментами.

Присутність ненасичених жирних кислот у харчових продуктах є основною причиною розвитку гіркості під час їх зберігання у присутності кисню. Присутність кисню призводить до збільшення швидкості окислення. Також важливу роль відіграє вода. Окислення ліпідів відбувається з високою швидкістю навіть за низької активності води. Деякі хімічні реакції викликаються світлом, наприклад, втрата вітамінів та потемніння м'яса. Неферментативне потемніння є основною причиною зміни якості та зниження поживної цінності багатьох харчових продуктів. Цей тип реакції потемніння виникає через взаємодію між цукрами, що редукують, і амінокислотами, що призводить до втрати розчинності білка, потемніння світлозабарвлених сушених продуктів і появи гіркового смаку. На неферментативне потемніння впливають такі чинники довкілля як температура, активність води та рН.

Загальні принципи зберігання харчових продуктів

В основі всіх способів зберігання або консервування продуктів, що застосовуються на практиці, лежать принципи часткового або повного пригнічення біологічних процесів, що відбуваються в них. На сьогоднішній день існує 4 наукові принципи зберігання продуктів: біоз, анабіоз, ценоанабіоз та абіоз.



БІОЗ (ЖИТТЯ) – принцип зберігання продуктів у свіжому стані без спеціальної обробки. Заснований на імунних (захисних) властивостях будь-якого нормально функціонуючого здорового організму (як тваринного, так і рослинного), що має імунітет – здатність протистояти впливу патогенної мікрофлори та несприятливих умов зовнішнього середовища. Це система прийомів (сортування та укладання сировини без механічних пошкоджень), що

забезпечує короточасне зберігання продуктів у свіжому вигляді до надходження на переробку.

Поділяється на два види: еубіоз та гемібіоз.

Еубіоз – повний біоз – збереження продукції до використання у живому вигляді. Так призначену для забою худобу та птицю містять з дотриманням відповідних умов утримання та годування. Це найраціональніший принцип зберігання. Витрати на утримання та годівлю тварин, на їх доставку до місць споживання виправдовуються високою якістю продукції. Порушення умов еубіозу (неповноцінне годування, погане утримання тварин) призводить до втрати їхньої маси та зниження якості продукту.

Гемібіоз – частковий біоз. Це зберігання плодів та овочів відразу ж після збирання у свіжому вигляді протягом певного періоду часу у природних умовах, а не у спеціальних сховищах. При цьому в плодах та овочах йдуть процеси обміну речовин, оскільки вони живі організми, але не так інтенсивно, коли вони знаходяться на материнських рослинах. Імунні властивості бульб, коренеплодів, цибулин, плодів та ягід на деякий період забезпечують їх стійкість до несприятливих зовнішніх умов та мікробіологічних захворювань. Тривалість збереження таких продуктів залежить від: їх хімічного складу, консистенції м'якоті, товщини покривних тканин і захисних утворень на них, інтенсивності процесів обміну речовин. Овочі і плоди, що мають високу лежкість, можуть зберігатися при кімнатній (підвищеній) температурі досить тривалий період часу, а ось продукти, що швидко псуються, зберігають свою свіжість лише кілька днів і навіть годин. Для більш тривалого зберігання рослинних продуктів необхідно створювати для них спеціальні умови, використовуючи інші принципи зберігання.

АНАБІОЗ – це так званий принцип «прихованого життя», приведення продукту у стан, в якому різко уповільнюються чи зовсім зупиняються біологічні процеси. У таких продуктах вкрай слабо протікають процеси обміну речовин у клітинах, припинено активну діяльність мікроорганізмів. Однак, живий початок у продукті та живі організми в ньому не знищені. У разі створення сприятливих умов активізуються усі процеси життєдіяльності. Тому анабіоз і називають принципом прихованого життя. Анабіоз може бути створений декількома способами. Залежно від цього він поділяється на:

Термоанабіоз - зберігання продуктів в охолодженому (психроанабіоз) або замороженому (кріоанабіоз) стані; заснований на чутливості мікроорганізмів та ферментів до температури. Зниження біологічної та біохімічної активності пояснюється залежністю хімічних реакцій від температури та зниженням проникливості цитоплазматичної мембрани під впливом холоду.

Ксероанабіоз – зберігання продуктів у зневодненому стані. Вологість продукту знижують до 10% і нижче висушуванням у різних режимах (сонячними променями, сублімаційним сушінням, вакуумним сушінням тощо). Часткове або повне зневоднення продукту призводить до повного припинення в ньому біохімічних процесів, позбавляє мікроорганізми можливості розвиватися в цьому продукті.

Осмоанабіоз - зберігання продуктів при підвищеному осмотичному тиску в їх тканинах. Підвищення осмотичного тиску у продукті досягається введенням солі чи цукру. На цьому принципі засновано соління м'яса, риби, овочів (потрібно 8-12 % солі від маси продукту), консервування фруктів та ягід цукром (приготування варення, джемів та повидла), концентрація якого має бути не менше 60 % від маси плодів. Вищі концентрації цукру необхідні для пригнічення життєдіяльності дріжджів, здатних витримувати високий осмотичний тиск.

Ацидоанабіоз – зберігання товарів у кислому середовищі при додаванні харчових кислот: оцтової (маринування), сорбінової, бензойної, саліцилової. Сутність принципу: мікроорганізми (головним чином, гнильні бактерії) успішно розвиваються в нейтральному та слабо лужному середовищах, але пригнічуються в кислому середовищі (при $\text{pH} < 5$). Тому при підкисленні продуктів деякими органічними кислотами відбувається їх часткова консервація. Концентрація кислоти – індивідуальна кожному за продукту.

Наркоанабіоз – застосування для консервування наркотичних чи анестезуючих речовин (хлороформ, ефір), які зупиняють дію мікроорганізмів та шкідників, уповільнюють процеси обміну речовин. Різновидом цього принципу є алкоанабіоз - використання для консервування продуктів етилового спирту (наприклад, приготування кріплених та десертних вин).

Аноксианабіоз – зберігання продуктів без доступу повітря, створення безкисневого середовища. Відсутність кисню виключає можливість розвитку аеробних мікроорганізмів (насамперед, цвілевих грибів), комах та кліщів. Дихання клітин самого продукту різко сповільнюється і набуває анаеробного характеру. Таким чином, відбувається консервація продуктів у герметичних умовах.

ЦЕНОАНАБІОЗ – принцип створенні анабіотичних умов за допомогою певних корисних груп мікроорганізмів, для яких створюються сприятливі умови. Корисна мікрофлора виробляє консервуючі речовини, які перешкоджають розвитку небажаної (патогенної) мікрофлори, що викликає псування продуктів. На цьому принципі ґрунтується мікробіологічне консервування. Для посилення певної спрямованості мікробіологічних процесів до продукту можуть вводити чисту культуру корисних мікробів. На практиці використовують два види ценоанабіозу, заснованих на застосуванні двох груп мікроорганізмів:

Ацидоценоанабіоз – підвищення кислотності середовища внаслідок розвитку молочнокислих бактерій, які в анаеробних умовах виробляють молочну кислоту. При концентрації молочної кислоти понад 0,5% гальмується діяльність шкідливих мікроорганізмів. На цьому принципі засновано приготування та збереження солоно-квашених овочів, мочених плодів, силосування кормів.

Алкоголеценоанабіоз – консервування продукту спиртом, виділеного дріжджами у процесі спиртового бродіння. Цей принцип використовується у виноробстві при приготуванні сухих столових вин, що містять 9-13% спирту, шляхом зброджування виноградних та плодкових соків.

АБІОЗ – передбачає відсутність живого у продуктах, зберігання їх у неживому стані. При цьому або весь продукт перетворюється на мляву і

стерильну органічну масу, або в ньому (чи на його поверхні) знищуються певні групи мікроорганізмів, що викликають псування. Абіоз має кілька видів:

Термоабіоз – обробка продуктів високими температурами, нагрів їх до 100°C і вище. При таких умовах майже всі живі організми гинуть. Для різних видів продуктів необхідна різна температурна дія (ступінь стерилізації). Найбільш поширений спосіб терmostерилізації – консервування продуктів у герметично закупореній тарі. Правильно приготовані консерви можуть зберігатися кілька років без зміни харчових та смакових властивостей. Якщо бажано зберегти продукт у свіжому вигляді порівняно короткий час, його нагрівають 10-30 хв до температури 65-85°C (пастеризація). Для надійного зберігання м'ясних, рибних та овочевих консервів та безпечного їх використання необхідні температури стерилізації вище 100°C (зазвичай в автоклавах).

Хімабіоз – консервування продуктів хімічними речовинами, що вбивають мікроорганізми (антисептиками) та комах (інсектицидами). Їх застосування обмежене, оскільки деякі з хімічних сполук отруйні для людини. Видами хімабіозу є сульфитація (обробка плодів, овочів, соків та вин сірчанним ангідридом SO₂) та копчення, оскільки дим є добрим антисептиком через вміст у ньому формальдегіду, смол та інших бактерицидних речовин.

Мехабіоз (механічна стерилізація) – видалення мікроорганізмів з продуктів фільтруванням, пропуском плодово-ягідних соків через спеціальні знепложувальні фільтри з дуже дрібними порами (0,001 мм), що затримують мікроорганізми, або центрифугуванням, що застосовується на мікробіологічних заводах та в лабораторних.

Промінеабіоз (променева стерилізація) – знищення від мікроорганізмів та комах ультрафіолетовими, інфрачервоними, рентгенівськими променями, β та γ – випромінюванням у певних дозах (радіація). Цей спосіб не набув широкого поширення в харчовій промисловості через технічну складність і можливий небезпечний вплив на здоров'я людини. Він потребує доопрацювання, вдосконалення техніки його застосування (установок для променевої стерилізації).

Питання для самоконтролю

1. Що входить до ланцюга виробництва продуктів харчування?
2. Основні причини погіршення якості та псування харчових продуктів.
3. Загальні принципи зберігання харчових продуктів.
4. Принцип біозу, та його види.
5. Принцип анабіозу, та його види.
6. Ценоанабіоз, та його види.
7. Принцип абіозу, та його види.

Лекція 6.

МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Залежно від способу впливу основні методи консервування харчових продуктів можна розділити на такі категорії: уповільнення або інгібування росту мікробів, інактивація (усунення) бактерій або ферментів, та запобігання повторному забрудненню. Ряд прийомів чи методів із перелічених вище категорій показаний на рис.



Як говорилося раніше, консервація починається, коли зібрані продукти відокремлюються від середовища безпосереднього зростання (рослини, ґрунту чи води), м'яса тваринного після забою, молока після доїння. Все це — сировина — продукти, що перебувають у первинному стані після збирання врожаю, ділки чи забою. Вони не піддавалися жодній обробці, крім очищення та сортування. Це пов'язано зі збереженням їхньої початкової цілісності, свіжості та якості. Подальші методи збереження залежать від походження харчових продуктів — рослинна чи тварина.

Післязбиральна обробка харчових продуктів рослинного походження включає контроль атмосфери довкілля — вологість, склад газу, температура, а також належне пакування, зберігання та транспортування. Зазвичай використовуються такі фізичні методи обробки як попереднє охолодження, температурна обробка, очищення та вощення або хімічні методи: дезінфекція, обкурювання.

У випадку риби до методів збереження відносяться охолодження та знезараження, наприклад, ополіскування гарячою водою з хлоруванням або без нього, знезараження фосфатом, перекисом водню, хлором, діоксидом хлору та озоном, а також обробка поверхні органічними кислотами.

Попередні обробки, такі як бланшування, сульфїтування та інші, використовуються перед застосуванням основних методів консервації. Основною метою попередньої обробки є покращення якості продукції та ефективності процесу.

Етапи очищення та дезінфекції важливі для збереження харчових продуктів. Хімічні дезінфікуючі засоби різняться за своєю здатністю вбивати мікроорганізми. Їх ефективність залежить від типів мікроорганізмів та фізичних характеристик продукту. Деякі дезінфікуючі засоби підходять для безпосереднього миття продуктів, інші лише для обробки води та технологічного обладнання. Використовуються такі хімічні речовини, як хлор, діоксид хлору, перекис водню, озон, пероксиоцтова кислота, бром, йод, тринатрійфосфат та амонієві сполуки.

Для боротьби з комахами використовують обкурювання. Бромід метилу є одним із використовуваних фумігантів, але він шкідливий для озону в атмосфері, і тому його використання поступово скорочується.

ІНГІБУВАННЯ (гальмування)

Методи інгібування ґрунтуються на контролі навколишнього середовища (наприклад, контроль температури, регулювання активності води або значення рН). Небезпечною зоною для мікробного зростання вважається температура від 5°C до 60°C, тому охолодження та зберігання при температурі нижче 5°C є одним із найбільш народних методів консервування продуктів.

Розглянемо деякі приклади інгібування.

Використання хімікатів

Використання хімічних речовин є добре відомим методом збереження харчових продуктів. Широкий спектр хімічних речовин або добавок використовується в консервуванні харчових продуктів для контролю рН, як протимікробні препарати та антиоксиданти, а також для забезпечення функціональності харчових продуктів. Деякі добавки є повністю синтетичними (такими, які не зустрічаються в природі), наприклад, фенольний антиоксидант трет-бутилгідрокінон (ТБГХ), інші вилучаються з природних джерел, такі як вітамін Е. Незалежно від походження, харчові добавки повинні виконувати певну функцію та бути безпечними для споживання під час використання.

Багато дозволених до використання в харчових продуктах консервантів являють собою органічні кислоти та складні ефіри, такі як сульфіти, нітроти, оцтова кислота, лимонна кислота, молочна кислота, сорбінова кислота, бензойна кислота, діацетат натрію, бензонат натрію та інші.

Прийнята нині теорія консервування полягає в інгібуванні шляхом зниження внутрішнього рН. Молекули недисоційованих кислот шляхом дифузії легко проходять через плазматичну мембрану. У цитоплазмі при рН приблизно 7,0 молекули кислоти дисоціюють на заряджені аніони та протони. Після цього вони не можуть пройти через ліпідний шар і накопичуються в цитоплазмі, знижуючи рН та інгібуючи метаболізм.

В якості консервантів та функціональних інгредієнтів у багатьох харчових продуктах використовуються нітриди та нітрати. Це важливі компоненти, які використовуються для консервування м'яса. Відомо, що вони є багатofункціональними харчовими добавками та потужними антиоксидантами.

Багато рослин містять сполуки, які мають деяку антимікробну активність, які в сукупності називаються «зеленими хімічними речовинами» або «біоконсервантами». В останні роки збільшився інтерес до природних протимікробних систем у зв'язку з потребою споживачів у свіжих та натуральних харчових продуктах без добавок. Відомо, що ряд трав і спецій мають антибактеріальну активність завдяки своєму хімічному складу. Антимікробні агенти можуть зустрічатися у продуктах як тваринного, так і рослинного походження. Трави та спеції століттями використовувалися в багатьох культурах для покращення смаку та аромату продуктів. Ефірні олії не тільки надають смак продукту, але й мають активні протимікробні властивості. До них відносяться евгенол у гвоздиці, аліцин у часнику, альдегід у кориці, тимол у шавлії, ізотімол у орегано та ін.

Прогірклість – небажаний дефект якості харчових продуктів. Жири, олії або жирні харчові продукти вважаються прогірклими, якщо відчувається значне погіршення органолептичних властивостей, особливо аромату або смаку, при цьому можуть бути порушені зовнішній вигляд та текстура. Для контролю окислення в харчових продуктах використовуються антиоксиданти, вони також корисні для здоров'я, знижуючи ризик серцево-судинних захворювань та раку та уповільнюючи процес старіння.

Використання деревного диму для збереження продуктів майже так само старе, як сушіння на відкритому повітрі. Тепло, пов'язане з утворенням диму, використовується для зменшення вмісту вологи в продукті і дає ефект сушіння. Копчення в основному застосовувалося до м'яса та риби. Копчення не тільки надає продуктам бажаного смаку і кольору, але й деякі сполуки, що утворюються при копченні, мають консервуючу дію (бактерицидну і антиоксидантну).

Концентрація іонів водню, що вимірюється як рН, є контролюючим фактором у регулюванні багатьох хімічних, біохімічних та мікробіологічних реакцій. Продукти з рН 4,5 вважаються продуктами з низьким рівнем ризику; вони потребують меншої термічної обробки. Мікроорганізмам для зростання потрібна вода, поживні речовини, відповідна температура та рівень рН. При рН

нижче 4,2 більшість мікроорганізмів, що викликають харчове отруєння, добре контролюються, але є мікроорганізми, такі як молочнокислі бактерії та деякі види дріжджів та плісняви, які ростуть при значеннях рН значно нижчі від цього. Багато слабких ліпофільних органічних кислот діють синергетично при низькому рН, пригнічуючи ріст мікробів. Так, пропіонова, сорбінова та бензойна кислоти є дуже корисними харчовими консервантами. Крім слабких ліпофільних кислот є й інші консерванти, які широко використовуються в харчових продуктах, це складні ефіри бензойної кислоти, які ефективні при більш високих значеннях рН, ніж органічні кислоти.

рН впливає як на зростання мікроорганізмів, так й на інші процеси, такі як стабільність ферментів, гелеутворення, стабільність білків і вітамінів.

Антимікробні ферменти також мають застосування та додатковий потенціал у харчовій промисловості. Вони відіграють значну роль у механізмах захисту живих організмів від зараження бактеріями та грибами. Багато ферментів, що використовуються в даний час у харчовій промисловості для розщеплення небажаних полісахаридів, можуть бути використані як натуральні харчові консерванти. Один із таких ферментів, лізоцим з білків курячих яєць, відомий вже багато років і використовується проти псування твердого сиру.

Антибіотики бувають медичні та немедичні. Немедичні антибіотики, такі як натаміцин і низин, що продукуються мікробами або синтетично, пригнічують мікроби в дуже низьких концентраціях. Крім того, антибіотики використовуються для боротьби із хворобами. Однак зростаюча резистентність до антибіотиків стає останнім часом складною проблемою.

При використанні для консервації хімічних речовин, головне питання полягає у тому, наскільки вони безпечні? Має бути аналіз ризику та користі. Антимікробні агенти або консерванти різноманітні за своєю природою. При цьому, юридичні, токсикологічні, маркетингові та споживчі міркування створили таку тенденцію, що кількість таких консервантів, останнім часом зменшується.

Контроль стану води та структури

У процесі консервації, як з інгредієнтами, так і з продуктами відбуваються фізичні зміни. Такі модифікації можуть як погіршувати, так і покращувати органолептичні, поживні та функціональні властивості харчових продуктів. До таких змін відносяться кристалізація, спікання, розтріскування, адгезія, окислення, гелеутворення, утворення пір та руйнування. Завдяки точному знанню та розумінню таких модифікацій, можна розробляти безпечні високоякісні продукти для споживання.

Вода є важливим компонентом для всіх харчових продуктів. ***Активність води*** як середовища чітко корелює із погіршенням харчових продуктів через зростання мікроорганізмів. Існує мінімальна активність води – це межа, нижче за яку мікроорганізм або група мікроорганізмів вже не можуть розмножуватися. Для більшості харчових продуктів, активність води перебуває у діапазоні 0,6–0,7. Патогенні бактерії не можуть зростати при активності води нижче 0,85–0,86, проте, деякі дріжджі та плісняви є більш стійкі до зниженої активності води.

Зазвичай зростання мікроорганізмів не відбувається при активності води нижче 0,62. Критичні межі активності води також можуть бути зрушені у бік більш високих або нижчих рівнів іншими факторами, такими як рН, солі, антимікробні агенти, термообробка та ін. Одним із способів збільшення термінів зберігання є сушіння.

Сушіння - один із найстаріших методів збереження харчових продуктів, при якому активність води знижується шляхом відділення води. У давні часи сушіння вироблялося під сонячним світлом, але сьогодні для зневоднення харчових продуктів використовується безліч типів складного обладнання та методів сушіння. Сушіння - це метод видалення води з утворенням кінцевих продуктів у вигляді твердих речовин, тоді як є ще таке поняття, як **концентрація**, що означає видалення води при збереженні рідкого стану. Концентрація рідких харчових продуктів в основному здійснюється шляхом термічного випарювання, заморожуванням та мембранного поділу. Кожен метод має свої переваги та недоліки. Про них ми поговоримо окремо. Втрата смаку, аромату чи функціональних властивостей є основною проблемою сушіння з погляду якості. Вартість обробки, упаковки, транспортування та зберігання сушених продуктів менша, ніж консервів та заморожених продуктів.

Заморожування змінює фізичний стан речовини, перетворюючи воду на лід при відведенні енергії у вигляді охолодження нижче температури замерзання. Зазвичай знижують температуру до рівня зберігання -18°C . При температурі нижче -18°C повністю припиняється мікробне зростання, при цьому ферментативні та неферментативні зміни продовжуються, але набагато повільніше. При зберіганні спостерігається повільна прогресивна зміна органолептичних властивостей. Заморожування популярніше, ніж сушіння, через його здатність зберігати свіжіші якості продуктів.

Харчові продукти можна вважати дуже стабільними в **склоподібному** стані, оскільки сполукам, що беруть участь у реакціях псування, при температурі нижче температури скловання потрібні місяці або навіть роки, щоб дифундувати і наблизитися один до одного для реакції. Утворення склоподібного стану призводить до значного припинення поступального руху молекул і хімічні реакції стають дуже повільними.

Їстівні покриття служать багатьом цілям у харчових системах. Покриття використовуються для покращення зовнішнього вигляду або текстури та зменшення втрати води. Приклади - це воскування яблук та апельсинів для надання їм блиску, воскування замороженої риби для зменшення усадки через втрату води або покриття цукерок для зменшення липкості. Інші способи обробки поверхні харчових продуктів включають нанесення антиоксидантів, підкислювачів (або інших агентів, що регулюють рН), консервантів та мінеральних солей. Рецептура їстівних покриттів залежить від призначення та виду продуктів.

Інкапсуляція використовується у харчовій промисловості вже понад 60 років. У широкому сенсі технологія інкапсуляції включає покриття найдрібніших частинок інгредієнтів (наприклад, підкислювачів, жирів та

ароматизаторів), а також цілих інгредієнтів (наприклад, родзинок, горіхів та кондитерських виробів), що може бути досягнуто шляхом мікрокапсулювання або макропокриття.

Різні *студнеутворювачі*, такі як казеїн, гуарова камедь, агар, карагінан, пектин та ін, також використовуються в харчових продуктах для надання продуктам бажаної структури та функціональності. Вони надзвичайно важливі для створення різноманітних текстур, таких як збита, кремоподібна, масляниста, гелеподібна та ін.

Контроль атмосфери

Технології упаковки, що ґрунтуються на зміні складу газу, мають давню історію. Дихальна активність різних рослинних продуктів створює атмосферу з низьким вмістом кисню та високим вмістом вуглекислого газу, що уповільнює дозрівання фруктів. Упаковка з *модифікованою атмосферою* — це метод консервації, який може додатково звести до мінімуму фізіологічне та мікробне розкладання продуктів, що швидко псуються, за рахунок зберігання їх в атмосфері, склад якої відрізняється від нормального складу повітря. Склад газу та спосіб застосування цього методу залежать від видів продукції та цілей. Існують різні способи підтримки модифікованої атмосфери. В упаковці з так званою пасивною атмосферою склад газу всередині не контролюється і не регулюється. В «упаковці з контрольованою атмосферою» склад газу всередині упаковки контролюється і підтримується на заданому рівні за допомогою скрубєрів і впуску газів. *Активне пакування* може забезпечити рішення шляхом додавання матеріалів, які поглинають або виділяють певне з'єднання в газовій фазі. Такими сполуками можуть бути вуглекислий газ, кисень, водяна пара, етилен або інші леткі речовини, що впливають на смак та аромат. Вакуумна упаковка та упаковка з модифікованою вологістю містять змінену атмосферу навколо продукту. Хоча цей метод спочатку був розроблений для продовження терміну придатності свіжих продуктів, нині він поширюється на мінімально оброблені продукти рослинного та тваринного походження, а також на сушені продукти.

ІНАКТИВАЦІЯ (усунення)

Використання теплової енергії

Раніше для інактивації переважно використовували тепло. Термічна інактивація, як і раніше, є найбільш широко використовуваним процесом консервування харчових продуктів. Переваги використання тепла для збереження харчових продуктів:

- Нагрівання безпечно та не містить хімікатів.
- Забезпечує ніжний смак та аромат приготовленої страви.
- Більшість мікроорганізмів, що викликають псування, термолабільні.
- Термічно оброблені харчові продукти, упаковані у стерильну тару, мають тривалий термін зберігання.

Основні недоліки використання тепла: перетравлення може призвести до руйнування текстури та небажаного смаку; погіршення поживних властивостей внаслідок високотемпературної обробки. Процеси термічної обробки

включають, в основному, *пастеризацію, стерилізацію, варіння, екструзію та смаження*. Останнім часом ширше використовуються електротехнології, і в майбутньому вони будуть розширюватися.

Використання високого тиску та ультразвуку

Наразі стають дуже популярними методи обробки харчових продуктів, у яких використовується менша кількість добавок. *Гідростатична технологія високого тиску* привернула увагу своєю новизною та ефектом нетермічної консервації. Внаслідок високого гідростатичного тиску на харчові продукти інактивується життєдіяльність бактерій.

Ультразвук - це звукова енергія з частотним діапазоном, який охоплює область від верхньої межі людського слуху, який зазвичай вважається рівним 20 кГц. Існує щонайменше два застосування ультразвуку для харчових продуктів: як неруйнівний контроль властивостей харчового матеріалу, наприклад, оцінка хімічного складу, та для безпосередньої обробки харчових продуктів з метою їх збереження.

Використання електроенергії

Для збереження харчових продуктів використовуються різні форми електричної енергії, наприклад, омичне нагрівання, мікрохвильове нагрівання, стимуляція слабким електричним полем, високовольтний дуговий розряд і високоінтенсивне імпульсне електричне поле. *Омічний нагрів* - одна з перших форм застосування електрики для пастеризації харчових продуктів. Цей метод ґрунтується на виділенні тепла в харчових продуктах внаслідок електричного опору при пропусканні через них електричного струму. При традиційних методах нагрівання теплота поширюється від нагрітої поверхні до внутрішньої частини продукту за допомогою теплопровідності та конвекції, що потребує багато часу. Електрорезистивне або омичне нагрівання є об'ємним і, тим самим, зменшує час термообробки. Він забезпечує швидке та рівномірне нагрівання, знижуючи ймовірність теплового пошкодження та підвищену енерговитратність.

Мікрохвильове нагрівання широко застосовується в побуті та харчовій промисловості. Обробка мікрохвильовим електричним полем використовується як метод боротьби з бактеріями в м'ясі. Після впливу електричного поля плазматичні мембрани клітин стають проникними для молекул води, що призводить до набряку та, зрештою, розриву клітинної мембрани.

Використання радіації

Іонізуюче випромінювання взаємодіє з матеріалом, що опромінюється, передаючи енергію електронів молекулам, іонізуючи їх, створюючи позитивні та негативні іони. Опромінення має широке застосування в дезінфекції харчових продуктів, продовження терміну придатності, знезараження та покращення якості продукції. Хоча цей метод має великий потенціал, але є занепокоєння з питань безпеки, і ставлення споживачів до цієї технології.

Давно відомо, що *ультрафіолетове (УФ) випромінювання* є основним фактором антибактеріальної дії сонячного світла. Він використовується для стерилізації повітря та тонких рідких плівок через малу глибину проникнення. При використанні його у високих дозах спостерігається тенденція до погіршення

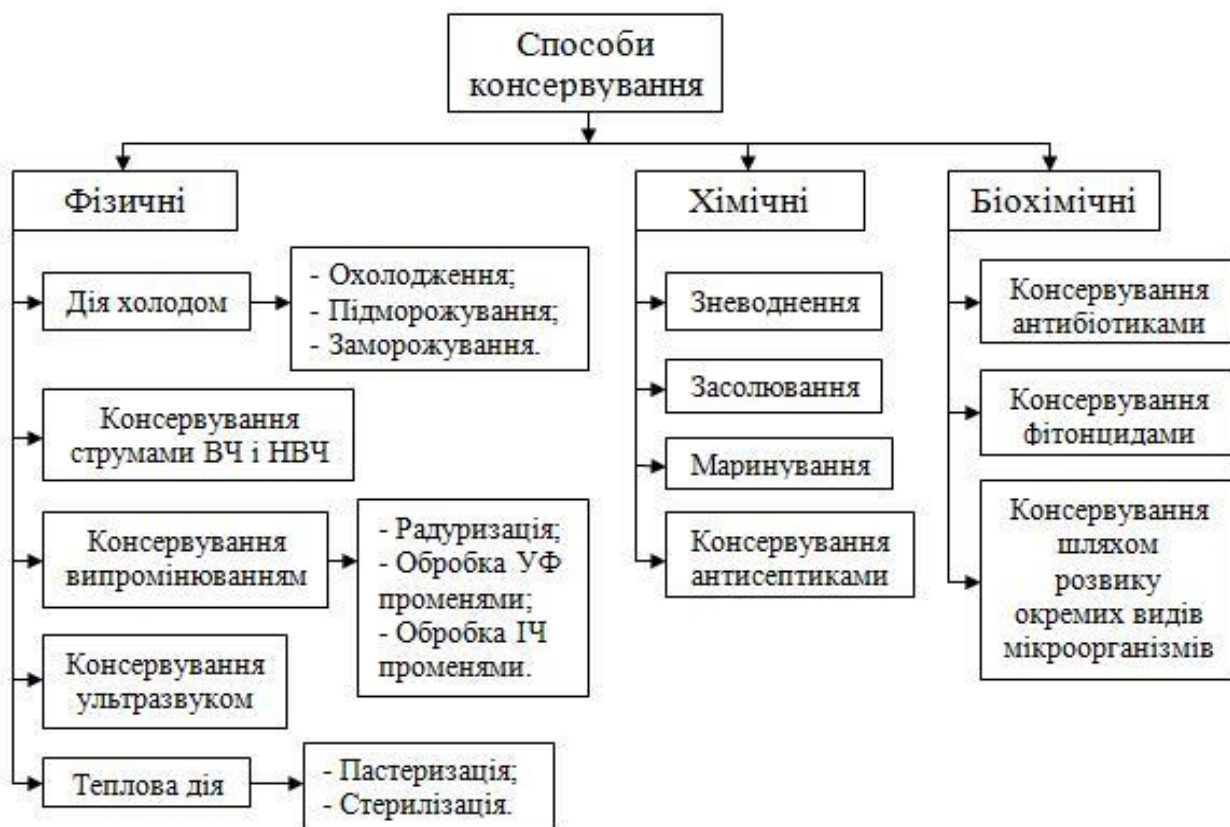
смаку та запаху до досягнення задовільної стерилізації. УФ-опромінення безпечне, екологічне і економічніше, ніж звичайне хлорування.

Видиме світло також використовуються в харчовій промисловості. Якщо мікроорганізми обробити фарбниками, вони можуть стати чутливими до пошкодження видимим світлом. Цей ефект відомий як *фотореактивація*. Біле та ультрафіолетове світло використовуються для інактивації бактерій, грибків, спор, вірусів, найпростіших. *Імпульсне світло* – це також метод стерилізації. Приклади - пакувальні матеріали, поверхні, що пропускають світло матеріали (такі як повітря, вода, розчини). Імпульс білого світла генерується шляхом електричної іонізації ксенонової лампи протягом декількох сотень секунди за допомогою потужного високовольтного імпульсу.

Використання магнітного поля

Магнетизм — явище, у якому матеріали притягують чи відштовхують інші матеріали. Походження магнетизму лежить в орбітальному та спиновому русі електронів і в тому, що електрони взаємодіють один з одним. Магнітні поля мають потенціал для пастеризації, стерилізації та посилення інших факторів, корисних для обробки при збереженні харчових продуктів.

Іноді дуже важко провести чітку різницю між інгібуванням та інактивацією. Наприклад, консервування шляхом сушіння та заморожування. Хоча основною метою є контроль зростання мікроорганізмів, при цьому вони також частково знищуються.



УНИКАННЯ ПОВТОРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ (непрямий підхід)

На додаток до прямого підходу в процесі консервації необхідно застосовувати інші заходи, такі як упаковка та управління якістю, щоб уникнути повторного забруднення. Хоча ці заходи не є методами консервації, вони відіграють важливу роль у виробництві високоякісних безпечних харчових продуктів. Так, наприклад, використання асептичної упаковки для термічно оброблених харчових продуктів останніми роками значно розширилося.

Завдяки дослідженню шкірок, листя та кори рослин було досягнуто величезного прогресу в розробці різноманітних пакувальних матеріалів. **Упаковка** виконує три основні функції. По-перше, контролювати локальні умови довкілля з метою збільшення терміну зберігання. Другий — збереження товару у привабливому для потенційного покупця вигляді. Третя функція полягає у захисті продукту під час його транспортування до споживача. Нова концепція активних пакувальних матеріалів дозволяє відводити гази від продукту або поглинати гази, шкідливі для продукту. Використовуються протимікробні препарати в упаковці, поглиначі кисню, генератори вуглекислого газу, поглиначі запахів, поглиначі вибірккових довжин хвиль світла. Інша концепція - це їстівна або біорозкладна упаковка. Одночасне використання обробки та активної упаковки призводить до підвищення ефективності зберігання.

Безпека харчових продуктів викликала занепокоєння ще з часів Середньовіччя, і тоді було вжито нормативних заходів для запобігання продажу фальсифікованих або заражених харчових продуктів. Безпека харчових продуктів і зараз є найвищим пріоритетом. Останнім часом набула широкого поширення концепція аналізу ризиків та критичних контрольних точок (НАССР). **НАССР** - це сучасний профілактичний підхід до безпечного виробництва харчових продуктів, заснований на профілактиці та строгому регламентуванні, і тому економічно ефективний. Більшість харчової промисловості по всьому світу в даний час націлена на впровадження програм НАССР для забезпечення безпеки своїх процесів. НАССР – це науковий, раціональний та систематичний підхід до виявлення, оцінки та контролю небезпек під час виробництва, переробки, виготовлення, приготування та використання харчових продуктів, щоб гарантувати їхню безпеку при вживанні. Ця концепція заснована на профілактиці та документації. Система НАССР забезпечує превентивний і, отже, економічно ефективний підхід до безпеки харчових продуктів. Перш ніж планувати впровадження, важливо зрозуміти концепцію безпеки та якості. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) також визнає важливість системи НАССР для запобігання хворобам харчового походження та відіграє важливу роль у її просуванні.

ISO 9000 – це загальний стандарт, який визначає мінімальні вимоги, яким повинні відповідати організації для задоволення потреб клієнтів. У ньому безпосередньо не розглядається питання безпеки харчових продуктів, але розглядається необхідність визначення та дотримання нормативних вимог, що застосовуються до продукту та процесу. Стандарт ISO 9000 та методи НАССР

доповнюють один одного. Тому методи HACCP слід використовувати як інструмент підтримки системи менеджменту якості ISO 9000.

Останнім часом увагу привернула концепція **бар'єрної технології** чи **комбінованих методів консервації**. Мікробна стабільність і безпека більшості харчових продуктів заснована на поєднанні кількох консервуючих факторів (так званих бар'єрів), які мікроорганізми, які є в їжі, не в змозі подолати. Концепцію бар'єру ілюструє добре відомий факт, що взаємодії температури, активності води, рН та окисно-відновного потенціалу важливі для створення мікробної стабільності харчових продуктів. Тут було досягнуто великих успіхів, і постійно з'являються нові приклади використання комбінованих методів консервування чи бар'єрної технології.

Інші фактори збереження

Застосування сучасної біотехнології з генетичною модифікацією відіграватиме все більш важливу роль у продуктах майбутнього. **Біотехнологія** - це загальний термін для деяких методів, у яких використовуються живі організми для виробництва або модифікації продуктів для певної мети. Методи біотехнології відкривають можливості для вирішення споживчих питань якості харчових продуктів та екологічної безпеки. Біотехнології можна використовувати, щоб зробити фрукти ароматнішими; покращити поживні та функціональні якості фруктів, овочів, зернових та м'яса; вирощувати продукти у ширшій кліматичній зоні; та вирощувати продукти харчування більш екологічно безпечним способом. Одним із застосувань біотехнології будуть швидкі та чутливі діагностичні набори для виявлення патогенів та небажаних сполук ксенобіотиків у харчових продуктах. Іншим застосуванням будуть датчики на упаковці, які можуть вказати, коли їжа зіпсована або коли патоген, чи його токсичний продукт, присутні на певному рівні занепокоєння.

Основними рушійними силами у розвитку та модифікації харчової промисловості є бажання зменшити ступінь обробки, тобто попит на злегка оброблені або свіжі, органічні та натуральні продукти; прагнення максимальної автоматизації, контролю та ефективності; і прагнення до мінімізації витрат, і необхідність реагувати на суворі норми, що постійно посилюються, що стосуються впливу різних процесів на навколишнє середовище. Для збереження поживних властивостей та якості використовується **технологія нетермічного консервування**. Існує тенденція до скорочення споживання продуктів тваринного походження та до споживання більшої кількості злаків та продуктів на їх основі, фруктів та овочів. Іншими технологіями, що розробляються для задоволення потреб споживачів у мінімально оброблених харчових продуктах, є перехід від термічної обробки для пастеризації та приготування їжі до використання електромагнітних хвиль, таких як електронно-променево та гамма-випромінювання, а також мікрохвильове випромінювання. Інші потенційні методи електромагнітної обробки, які можна використовувати для мінімізації несприятливих теплових змін в результаті приготування їжі, включають імпульсне світло високої інтенсивності, імпульсні магнітні поля, постійний струм у потоці частинок (омічний нагрів), імпульсний електричний розряд і

радіочастоти, такі як інфрачервоне випромінювання. Харчова промисловість дуже енергоємна, і скорочення енергоспоживання за рахунок використання ефективних електротехнологій може збільшити прибуток, а також зменшити вплив на довкілля.

Харчові звички завжди були дуже важливим компонентом людського суспільства з його зародження. До них відносяться зручність у приготуванні та споживанні, смакові уподобання, відношення та сприйняття дієти та здоров'я, більш поживні та функціональні досягнення у технології, які впливають на якість та доступність їжі, економічні фактори, етнічні, географічні, регіональні, вік, а також придатність та зручність для життя.

Кінцевий успіх харчової промисловості полягає у своєчасному впровадженні та ефективному використанні нових технологій для задоволення реальних та майбутніх потреб споживачів.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть методи інгібування росту мікробів при зберіганні харчових продуктів.
2. Перелічіть методи інактивації мікробів при зберіганні харчових продуктів.
3. Які існують методи запобігання повторному забрудненню?
4. Основні методи консервування харчових продуктів (фізичні, хімічні, біохімічні).

Лекція 7. ЗМІНА ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Зміна якості при зберіганні продуктів може відбуватися за трьома напрямками:

- якість деяких продуктів підвищується (дозрівання зимових сортів яблук, бананів, томатів, дозрівання м'яса, витримування коньяків);
- якість тривалий час зберігається як початкове за підтримки оптимальних умов зберігання (крупа, крохмаль, цукор, картопля);
- якість більшості продуктів при зберіганні знижується (знижується вміст вітамінів, погіршується смак, запах та консистенція).

Стійкість продуктів під час зберігання залежить від властивостей самого продукту, внутрішніх змін та зовнішнього впливу.



ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ продуктів обумовлені, насамперед, їх хімічним складом (вмістом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, фенольних сполук та інших.). Від них залежить стійкість продуктів при зберіганні.

БІОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ продукту визначаються його ферментним складом. Ферменти є природними каталізаторами окислювально-відновних, гідролітичних та інших процесів, перебіг яких може прискорюватися або сповільнюватися з урахуванням ферментного складу продуктів.

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ зумовлені ступенем мікробіологічної чистоти продукту. За інших рівних умов низький вміст патогенної мікрофлори забезпечує більш тривале зберігання.

Впливає також ступінь очищення продукту та умови його зберігання.



ПРОЦЕСИ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ У ПРОДУКТАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Фізичні та хімічні процеси протікають у продуктах під дією факторів зовнішнього середовища: температури, відносної вологості повітря, газового складу, світла та механічних впливів.

Фізичні процеси

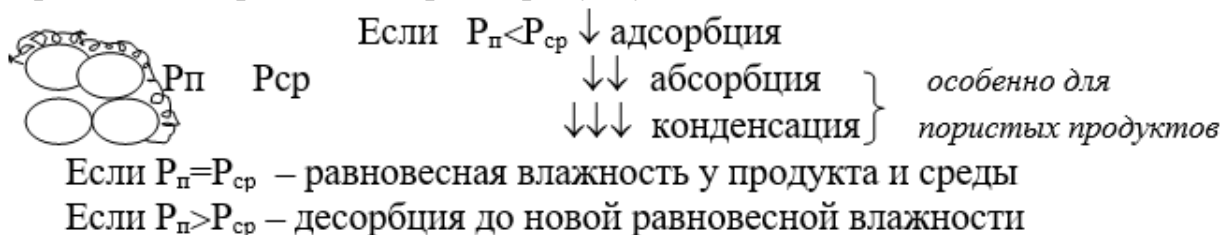
Зміна температури відбувається внаслідок теплового обміну продукту із довкіллям. Цей процес впливає на розвиток мікроорганізмів, швидкість протікання хімічних та біохімічних процесів. Визначається питомою теплоємністю та теплопровідністю.

Температурна інерція – здатність препарату зберігати первинну температуру при коливанні зовнішньої температури середовища.

Зміна вологості продукту – це поглинання водяної пари з повітря внаслідок гігроскопічності продуктів або зволоження їх внаслідок появи крапельно-рідкої вологи на поверхні продукту.

У харчових продуктах вода знаходиться у вільному та зв'язаному стані та створює на поверхні частинок продукту шар пари.

Процес виникає в результаті різниці парціального тиску водяної пари середовища P_{cp} та на поверхні продукту $P_{п}$.



При **сорбції** вологи маса продукту зростає. Так, наприклад, печиво, вафлі та сухарі розм'якшуються; сіль, борошно втрачають сипкість і злежуються; карамельні вироби спочатку стають липкими, а потім втрачають форму і течуть і т.д.

Десорбція (висихання) характерна для свіжих плодів, овочів та рідких продуктів. Цей процес поряд із втратою маси продукту погіршує його якість. Випаровування вологи з плодів і овочів призводить до їх в'янення, порушення обміну речовин і псування.

На інтенсивність цих процесів впливають температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, вид тари, спосіб укладання товару.

Інші фізичні процеси – деформація, ущільнення маси, порушення цілісності, старіння крохмалю та денатурованих білків, кристалізація (цукор у кондитерських виробках, вологи у заморожених продуктах).

Наприклад, старіння білків при зберіганні круп, борошна тощо. призводить до зниження здатності білків до набухання, розчинності, і як наслідок, збільшується час варіння, знижується об'єм, погіршується смак та консистенція каш.

При вантажно-розвантажувальних роботах та транспортуванні відбуваються механічні впливи (руйнування макаронних виробів, бій яєць, забиття, пошкодження плодів, овочів, деформація хлібобулочних виробів), які погіршують якість продуктів. Механічні пошкодження зумовлюють значні товарні втрати за рахунок забруднення або повної непридатності товару для використання, крім того, такі товари зазнають мікробіологічного псування.

Хімічні процеси

Хімічні процеси відбуваються у харчових продуктах без участі ферментів та мікроорганізмів (прогрікання жирів, неферментативне потемніння, бомбаж консервів, знебарвлення лікєро-горілочаних виробів).

Прогіркання жирів – це окислення жирів під впливом кисню повітря. Притаманне для жировмісних продуктів. Окисленню піддаються в першу чергу жирні кислоти і вітаміни, при цьому накопичуються продукти окислення, які надають жиру гірко-своєрідного смаку, неприємного прогрірко-запахи, і викликають першіння в горлі.

Неферментативне потемніння відбувається внаслідок карамелізації цукрів або реакції меланоїдиноутворення. Притаманне для продуктів, що містять цукру, а також сушених овочів, картоплі, фруктів, ячного порошку.

Це негативно впливає на харчову цінність продуктів та їх органолептичні якості: змінюється колір продукту, з'являються сторонні смак та запах. Цей процес можна уповільнити зниженням температури зберігання, а також блокуванням різними інгібіторами (сірчиста кислота або сірчистий ангідрид).

Каталітична дія металів відбувається при розчиненні у продукті металів, якщо зберігання здійснюється у металевій тарі. Це призводить до зниження безпечності товару і до здуття кришок (бомбаж) банок.

При зберіганні консервів у металевій тарі відбувається розчинення металу та накопичення його в продукті, що знижують збереження продукту, оскільки каталізують у ньому хімічні процеси. Водень, що утворюється в результаті взаємодії кислот продукту і жерсті, збільшує тиск усередині банки, що призводить до їх бомбажу. Для захисту внутрішньої поверхні банок від корозії застосовують різні харчові лаки та емалі.

Хімічні реакції протікають при зберіганні вина, плодово-овочевих соків (з'являються нерозчинні опади, руйнуються вітаміни і т.д.). Швидкість хімічних процесів уповільнюється зниженням температури, застосуванням упаковки, яка захищає продукт від дії світла та кисню повітря.

До **біохімічних процесів** відносять процеси, зумовлені дією ферментів продукту. Активність перебігу того чи іншої процесу залежить від природи

продукту, особливостей обміну речовин, умов зберігання. Найбільший вплив на зміну хімічного складу при зберіганні здійснюють такі процеси, як дихання, гідролітичні та автолітичні процеси.

Дихання - це процес, властивий усім живим організмам. Воно пов'язане з діяльністю окислювально-відновних ферментів та є важливим джерелом енергії, необхідним для обміну речовин. Дихання відіграє велику роль у післяжнивний період життя рослинних об'єктів. Супроводжується втратами маси, видаленням вологи та тепла. Інтенсивність дихання підвищується при механічних пошкодженнях та мікробіологічних захворюваннях, зволоженні продукту, зміні газового складу середовища:

- зі збільшенням вологості інтенсивність дихання зростає;
- зі збільшенням температури на 10 °C інтенсивність дихання збільшується в 2-3 рази;
- при підвищеному вмісті вуглекислого газу та зниженому вмісті кисню дихання уповільнюється.

Гідролітичні процеси протікають під впливом гідролізу. Гідроліз вуглеводів – крохмаль до цукру, протопектин до пектину (дозрівання плодів). Гідроліз жирів - з утворенням вільних жирних кислот (зберігання жирів). Гідроліз білків з утворенням амінокислот (дозрівання чи пошкодження м'яса).

Гідролітичні процеси надають позитивний та негативний вплив на якість продукту. Наприклад, на початку зберігання при дозріванні плодів та овочів відбувається гідроліз крохмалю в цукрі, з протопектину утворюється пектин, що призводить до поліпшення смаку та консистенції продукту. До кінця зберігання при повному гідролізі протопектину м'якоть плодів стає м'якою та в'ялою.

Автоліз (саморозчинення) протікає у тканинах м'яса та риби під дією тканинних ферментів. Він відіграє велику роль при дозріванні м'яса. Автоліз проходить і в деяких продуктах рослинного походження – при дозріванні вина, при ферментації тютюну та чаю, при дозріванні борошна тощо.

В результаті автолізу відбувається перетворення глікогену на молочну кислоту, а також різноманітні перетворення білків м'язової тканини.

Усі біохімічні процеси можуть бути загальмовані низькими температурами.

Мікробіологічні процеси – це процеси, що відбуваються під дією мікроорганізмів.

Бродіння – розщеплення безазотистих органічних речовин під впливом мікроорганізмів. Органічні речовини є джерелом енергії, яка потрібна на обмін речовин. Розрізняють:

Спиртове бродіння (продукти набувають спиртового смаку, каламутніють). Відбувається під час виробництва вина, пива, спирту; при псуванні варення, соків, джемів.

Молочнокисле бродіння (виробництво сметани, сиру, квашених овочів, житнього хліба; псування молока, пива, вина).

Маслянокисле бродіння (псування картоплі, квашеної капусти, прогоркання молока, зволоження борошна, спучування консервів),

Оцтовокисле бродіння викликається оцтовокислими бактеріями, які перетворюють спирт на оцтову кислоту. Під дією цього процесу відбувається псування продуктів з невеликим вмістом спирту - столових вин, пива, квасу (продукти мають запах і присмак оцтової кислоти, пекучий смак і відчуття, що коле, в горлі). Позитивна дія цього процесу відбувається при виробництві харчового оцту

Пропіоново-кисле бродіння (при дозріванні сирів, псування виноградних вин) і т.д.

Гниття – це глибокий розпад білків та продуктів їхнього гідролізу. Відбувається під впливом гнильних бактерій. Білки розкладаються до поліпептидів та амінокислот, у результаті виділяються аміак, жирні кислоти, спирти, аміни, вуглекислий газ. В результаті гнильної псування утворюються отруйні для організму людини речовини, продукти набувають неприємного запаху. Гніенню частіше піддаються продукти, багаті на білки і воду (м'ясо, яйця, риба).

Пліснявання – розвиток різних видів цвілевих грибків, що утворюють на поверхні продуктів пухнасті нальоти та плівки різного кольору та будови (білого, зеленого, сірого). Розвитку цих грибів сприяє висока відносна вологість повітря, а перешкоджає герметична закупорювання харчових продуктів, низька температура зберігання та вологість повітря. Цвілі піддаються продукти при зберіганні їх з відносною вологістю повітря більше 75%.

Зовнішні фактори зберігання

Біотичні:

- комах (кліщі, жуки, мухи, метелики);
- гризуни (сірі та чорні щури, будинкова миша).

Вони знищують продукти, засмічують їх виділеннями, переносять мікроорганізми та інфекції.

Засоби боротьби - винищення (отруйні речовини, приманки), знезараження (термообробка продуктів), вибір оптимальних режимів зберігання.

Абіотичні:

- температура повітря (з підвищенням посилюється випарювання вологи, зростає активність ферментів, мікроорганізмів, шкідників);
- вологість повітря (пов'язана із температурою повітря);
- газове середовище (для виключення контакту з киснем повітря використовують газонепроникні пакувальні матеріали з відкачуванням повітря, регульовані та модифіковані газові середовища);
- обмін повітря чи вентиляція (пасивна чи вимушена);
- санітарний стан складських приміщень.

Питання для самоконтролю

1. Фактори, що впливають на збереження харчових продуктів.
2. Фактори, що впливають на життєдіяльність мікроорганізмів.
3. Процеси, що протікають у продуктах при зберіганні.
4. Зовнішні фактори зберігання.

Лекція 8.

БІОХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В основі багатьох харчових технологій лежать біохімічні процеси, які протікають за участю ферментів і мають велике практичне значення.

Ферментацію можна описати як процес, при якому мікроорганізми змінюють органолептичні (колір, смак, запах) та функціональні властивості їжі для отримання бажаного для споживача кінцевого продукту.

Виробництво продуктів є лише частиною процесу забезпечення безперервного, різноманітного, безпечного постачання продовольством споживачів. Продукти ще необхідно зберігати та консервувати. Необхідність вміти зберігати продукти харчування виникла ще задовго до того, як з'явилися будь-які знання з мікробіології. Ферментація, поряд із соленням, копченням і сушінням на сонці, є однією з найдавніших традицій, розроблених культурами всього світу для збільшення можливого терміну зберігання продуктів.

Приклади ферментованих харчових продуктів, що набули широкого поширення, показано в таблиці.

Харчовий продукт	Основний інгредієнт
Вино	Виноград
Пиво	Ячмінь
Сидр	Яблука
Саке	Рис
Хліб	Пшениця
Йогурт	Молоко
Сир	Молоко
Пахта	Молоко
Кефір	Молоко
Оцет	Виноград
Соевий соус	Соеві боби
Мариновані огірки	Огірки
Квашена капуста	Капуста
Ферментовані ковбаси	М'ясо

З розробкою нових методів консервації важливість процесів ферментації для збереження харчових продуктів знизилася. Проте ферментація може бути ефективною для продовження терміну придатності харчових продуктів і часто може здійснюватися за допомогою відносно недорогого базового обладнання. Крім того, незалежність ферментації від використання хімічних добавок в їжу приваблює найбільш просунутий сегмент споживчого ринку.

В наш час більшість галузей харчової промисловості (виробництво хлібобулочних виробів, вина, пива, спирту, сиру, органічних кислот, чаю) засновані на використанні різноманітних ферментативних процесів.

Використання ферментів дозволяє інтенсифікувати технологічні процеси, підвищувати якість продуктів, покращувати їх товарний вигляд.

Харчова промисловість в значних кількостях використовує ферментні препарати мікробного походження. Використання ферментів перетворилося у найважливіший промисловий принцип удосконалення харчових технологій.

В харчових продуктах міститься велика кількість ферментів, які суттєво впливають на їх якість та зберігання. Ферменти, що містяться в продуктах, можуть бути представлені такими видами:

- природними ферментами тваринних та рослинних клітин;
- ферментами, які накопичуються у готовому продукті в результаті попадання в нього мікроорганізмів, в процесі їх життєдіяльності;
- ферментними препаратами, які використовуються при виробництві харчових продуктів.

Ферменти — це біологічні каталізатори білкової природи, які синтезуються в живих клітинах рослин, тварин або мікроорганізмів і регулюють перебіг всіх важливих процесів організму.

Ферментний препарат відрізняється від ферменту тим, що крім активного білка містить різні баластні речовини. Часто такий препарат містить не один, а декілька ферментів.

Ферменти можуть бути отримані під час культивування спеціальних мікроорганізмів, які в процесі росту і розвитку залежно від умов можуть здійснювати спрямований синтез тієї або іншої групи ферментів і виділяти їх у середовище (*екзоферменти*) або накопичуватись в самій клітині (*ендоферменти*).

Для одержання ферментних препаратів використовують деякі рослинні організми або окремі органи рослин і тварин. Однак промислове виробництво ферментних препаратів з рослинної і тваринної сировини лімітується обмеженістю сировинних ресурсів і відносно невеликим асортиментом ферментів, які з неї можуть бути отримані. Найбільш перспективним є виробництво ферментів мікробного походження, тому що для такого виробництва сировинні ресурси невичерпні, а асортимент ферментів надзвичайно широкий.

Мікроорганізми в спеціально створених умовах здатні синтезувати значну кількість ферментів. Продуцентами їх можуть бути різноманітні бактерії, гриби, дріжджі.

Прийнятність харчового продукту споживачем заснована головним чином на його органолептичних властивостях. Бажані органолептичні властивості ферментованих харчових продуктів зумовлені біохімічною активністю мікроорганізмів. Ферментовані продукти були розроблені одночасно багатьма культурами з двох основних причин: це для збереження зібраних або забитих продуктів, та для поліпшення органолептичних властивостей продуктів.

В процесах зберігання ферменти, що містяться в продуктах, можуть здійснювати як позитивний, так і негативний вплив на якість продуктів. Позитивна дія, наприклад, проявляється при дозріванні плодів та овочів, при

зберіганні сиру, вина. В інших випадках ферменти можуть спричиняти погіршення якості або псування харчових продуктів, зменшення вмісту в них вітамінів. Так, згіркнення молока, проростання зерна, поява солодкого смаку картоплі, псування м'яса та риби викликані негативною дією ферментів.

Однак від ферментації харчових продуктів можна отримати низку переваг, наприклад, вони:

Підвищують	Знижують
Безпеку	Токсичність
Користь здоров'ю	Час готування
Роздрібну вартість	Виробничі витрати
Поживну цінність	Потреби в устаткуванні
Засвоюваність	Рівень антипоживних факторів
Придатність для подальшої обробки	
Зручність зберігання та транспортування	
Сенсорні властивості	
Термін придатності	

Ферментовані продукти та напої, як і раніше, зберігають важливу роль у раціоні людини. Для ферментації потрібні низькі енерговитрати і її часто можна проводити без складних технологій і спеціальних установок. Прості методи означають, що процедури часто можна проводити в домашніх умовах. Споживачі розцінюють ферментовані харчові продукти як корисні та натуральні, що підвищує споживчий попит та їхню рентабельність.

Ферменти прискорюють хімічні реакції, що дозволяє молекулам долати активаційний бар'єр на більш низькому енергетичному рівні. Ферментативна реакція складається з двох стадій:

- на першій стадії відбувається утворення фермент-субстратного комплексу;
- на другій стадії цей комплекс розпадається на продукти реакції та вільний фермент, який може взаємодіяти з новою молекулою субстрату.

Класифікація і номенклатура ферментів базується на реакції, яку вони каталізують (тобто враховується специфічність ферментів). Сьогодні у списку ферментів, що постійно поповнюється, більше двох тисяч назв.

Ферменти поділяють на 6 основних класів:

- *оксидоредуктази* — ферменти, що каталізують окиснювально-відновні реакції;
- *трансферази* — ферменти, що каталізують перенесення цілих атомних угруповань з однієї сполуки на іншу (наприклад, залишків моносахаридів, амінокислот, фосфорної кислоти, метильних і амінів груп тощо);
- *гідролази* — ферменти, що каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплення складних органічних сполук на простіші за участю води;

- *ліази* — ферменти, що каталізують реакції утворення подвійного зв'язку або приєднання угруповань за місцем розриву подвійного зв'язку;

- *ізомерази* — ферменти, що каталізують реакції ізомеризації і утворення ізомерних форм різних органічних сполук;

- *лігази (синтетази)* — ферменти, що каталізують реакції синтезу, пов'язані з розривом високоенергетичного зв'язку АТФ та інших нуклеозидтрифосфатів та утворення С–С–; С–S–; С–O–; і С–N–зв'язків.

Активність ферментів визначається величиною рН і температурою — кожний фермент має оптимальну їх зону дії:

- *рН* — для більшості ферментів рН в межах 4,5...5,5 (слабко кисле середовище);

- *температура* — підвищення температури на 10°C збільшує швидкість реакції в 2...3 рази (правило Ван-Гоффа), але тільки в інтервалі температур 40...50°C.

Необхідно відмітити, що представники усіх класів ферментів є присутніми в рослинній сировині, що переробляється, і ферментативна активність сировини неминуче впливає на хід технологічних процесів. Цей вплив може бути як корисним, так і шкідливим. У другому випадку необхідно регулювати ферментативну активність в сировині шляхом її попередньої обробки або введення технологічно допустимих компонентів.

Оксидоредуктази (окисно-відновні ферменти) застосовуються переважно на завершальних стадіях переробки рослинної сировини з метою збереження харчових і смакових переваг харчових продуктів або модифікації органолептичних властивостей.

о-Дифенолоксидаза — універсальний рослинний фермент, присутній в усіх органах і тканинах. З дією цього ферменту пов'язано утворення темнозабарвлених сполук — *меланінів* в результаті окиснення киснем повітря амінокислоти — *тирозину*. Під дією о-дифенолоксидази рослинні феноли окислюються спочатку в хінони, які, конденсуючись, перетворюються на меланіни. Колір меланінів залежить від їх молекулярної маси: чим більшою є молекулярна маса, тим темнішим є забарвлення, в міру збільшення молекулярної маси колір змінюється від рожевого до чорного. Потемніння зрізів картоплі, яблук, грибів, персиків й інших рослинних тканин в більшій мірі або повністю залежить від дії о-дифенолоксидази.

У харчовій промисловості для запобігання ферментативного потемніння, яке має місце під час висушування плодів і овочів, а також у виробництві макаронних виробів з борошна з підвищеною активністю о-дифенолоксидази застосовують:

- теплову інактивацію ферменту (бланширування);
- підкислення (за $\text{pH} < 3$);
- додавання інгібіторів (аскорбінова кислота, NaHSO_3 , SO_2 , NaCl), за присутності яких відбувається відновлення о-хінонів у феноли і пригнічується процес конденсації хінонів;

- механічно оброблені продукти (очищені, нарізані) заливають слабкими розчинами лимонної кислоти, яка має хелатну дію: зв'язує каталітично активні іони міді, що в свою чергу, інактивує о-дифенолоксидазу;

- своєчасне занурення оброблених продуктів у воду (краще в злегка підсолену воду), оскільки процеси окиснення розвиваються з часом — якщо продукт негайно залити водою, роз'єднавши тим самим з киснем повітря, можна запобігти потемнінню.

Позитивна роль ферменту проявляється в деяких ферментативних процесах: наприклад, під час ферментації чаю. Окислення дубильних речовин чаю під дією о-дифенолоксидази призводить до утворення темнозбарвлених і ароматичних сполук, які визначають колір і аромат чорного чаю.

Ліпоксигеназа каталізує окиснення поліненасичених жирних кислот (лінолеву, ліноленову, арахідонову) та їх естерів киснем повітря з утворенням високотоксичних гідропероксидів. Ненасичені жирні кислоти перетворюються на гідроперокси, таким чином змінюється положення подвійного зв'язку. Гідроперокси жирних кислот — активні окислювальні агенти, здатні окислювати ненасичені жирні кислоти, каротиноїди, хлорофіл, амінокислоти, аскорбінову кислоту.

Високу ліпоксигеназну активність мають бобові, льон, зародки злаків. У насінні соняшнику, рапсу, конопель, горіха активність ферменту є невеликою, вона зростає під час проростання насіння.

Ліпоксигеназі належить важлива роль в процесах дозрівання пшеничного борошна, пов'язаних з поліпшенням її хлібопекарських властивостей, продукти окиснення жирних кислот, що утворюються під дією ферменту, здатні викликати зв'язане окиснення ряду інших компонентів борошна (пігментів, SH-груп білків клейковини, ферментів та інші). Таким чином відбувається освітлення борошна, зміцнення клейковини, зниження активності протеолітичних ферментів та інші позитивні зміни.

Утворення гідропероксидів жирних кислот — початкова стадія їх деградації, в процесі якої утворюються леткі речовини, що створюють характерний запах згірклих олій, борошна, круп за їх тривалого зберігання.

Для запобігання негативним наслідкам дії ліпоксигенази в продуктах, що зберігаються, роблять різні заходи:

- для уникнення згіркнення борошна під час помелу зерна відділяють фракцію зародків — найбільш багату ліпоксигеназою частину зерна;

- під час фасування рослинних олій і жирівмісних продуктів за можливості виключають попадання кисню.

- застосування різних антиоксидантів — токоферолів, каротиноїдів, янтарної і фумарової кислот флавоноїдів, аскорбінової кислоти, рослинних екстрактів, що містять комплекс різноманітних антиоксидантів.

Аскорбатоксидаза каталізує окислювання аскорбінової кислоти. Цей фермент міститься у багатьох рослинах (огірки, капуста, кабачки, перець) і приводить до руйнування вітаміну С. Наприклад, якщо подрібнити овочі, то за 6 годин зберігання вміст вітаміну С зменшиться наполовину. Є природні інгібітори

цього ферменту: щавлева, лимонна, винна кислоти, пектин, флавоноїди, деякі білки. Інактивувати аскорбатоксидазу можна бланшуванням.

Гідролітичні ферменти

Гідролази каталізують розщеплення складних сполук на більш прості з приєднанням води. Гідролітичні ферменти є найважливішим класом ферментів, що використовуються у харчових виробництвах. Основною продукцією ферментної промисловості є препарати гідролаз, таких як ліпази, карбогідрази, протеази, пектинази, целюлази. Гідролітичні ферменти використовуються переважно в початковій, найбільш трудомісткій стадії переробки органічної сировини, коли необхідно розщепити структурні або запасні полімери, фрагменти яких далі піддаються трансформації під дією ферментів інших класів. Субстрати гідролітичних ферментів — полісахариди, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти та інші природні сполуки.

Ліпази каталізують розщеплення жирів. Вони широко розповсюджені в природі і відіграють важливу роль в процесах, що відбуваються під час переробки і зберігання харчових продуктів. До них належать:

- ліпази рослинного походження (рицини, пшениці та інших злаків);
- ліпази тваринного походження (панкреатична, ліпаза молока);
- ліпази мікробного походження (бактерійні і грибні ліпази).

Ліпази є універсальними ферментами, що використовуються для перетворення ліпідів. Гідролітичне розщеплення жирів ліпазами відбувається з помітною швидкістю в середовищах з концентрацією води не менше 1%. Субстратами ліпаз є гліцериди та інші естери.

Ліпаза у молоці сприяє утворенню ароматичних речовин. Зернова ліпаза приймає участь в процесі псування зернових продуктів під час зберігання, ліпаза пшениці веде до згіркнення борошна. Особливо це стосується продуктів, що містять підвищену кількість жиру, наприклад, вівсяного борошна або крупи, пшона. Накопичення вільних жирних кислот під дією ліпази (зростання кислотного числа жиру) є ознакою погіршення якості продукту. Вільні жирні кислоти, особливо ненасичені, легко піддаються окисненню під впливом різних факторів: ліпоксигенази, теплової обробки, кисню повітря, сонячного світла та інших. Таким чином, ліпази можуть ініціювати процес згіркнення та обмежувати терміни зберігання харчових продуктів.

Роль **карбогідраз** у технології харчових продуктів надзвичайно велика. Основною формою запасних вуглеводів в насінні і бульбах рослин є крохмаль. Ферментативні перетворення крохмалю лежать в основі багатьох харчових технологій.

Група ферментів, що гідролізують крохмаль (амілолітичних), включає: α -амілазу, β -амілазу, глюкоамілазу, α -глюкозидазу та інші. У значній кількості вони містяться у зерні злакових культур, особливо під час пророщення їх (солон), що використовується в технологіях бродильних виробництв (пивоваріння, технологія квасу, спиртове виробництво та інші).

Для промислового виробництва має значення фермент інвертаза (сахараза). В результаті дії ферменту на сахарозу виходить суміш еквімолярних

кількостей α -глюкози і β -фруктози, що дістала назву «інвертного цукру», який солодший за сахарозу. Моносахариди, що утворилися в результаті дії інвертази, є більше розчинними, не так легко викристалізуються з висококонцентрованих сиропів. Необхідність гідролізу (інверсії) сахарози виникає під час приготування концентрованих цукрових сиропів, морозива, начинок для цукерок.

Протеази — ферменти, що діють на пептидні зв'язки та здійснюють гідролітичне розщеплення білків і пептидів. Протеази поділяють на *протеїнази* та *пептидази*. Перші здійснюють гідроліз білків, другі — поліпептидів і дипептидів.

Протеїнази: пепсин, трипсин, хімотрипсин, палаїн, катепсін, реннін, бромелін та інші.

Пептидази трьох видів:

- *амінопептидази* каталізують відщеплення N-кінцевих амінокислот);
- *карбонептидази* — C-кінцевих амінокислот;
- *дипептидази* гідролізують дипептиди.

На доступність пептидних зв'язків гідролізу впливають вторинна, третинна і четвертинна структура білків. У впорядкованих структурах певні ділянки поліпептидного ланцюга екрановані і недоступні дії ферментів. Чим вище ступінь впорядкованості структури, тим менш білок схильний до протеолізу.

Найменш доступні для протеолізу є молекули з найменшою питомою поверхнею, тобто що наближаються за формою до кулі. Четвертинну структуру мають білкові молекули, що складаються з субодиниць, які можуть бути асоційовані за рахунок ковалентних, іонних і водневих зв'язків. Асоційовані молекули є менш доступними для дії ферментів, ніж дисоційовані.

Денатурація білків супроводжується розгортанням поліпептидного ланцюга, демаскуванням раніше екранованих груп, що зумовлені вторинною, третинною, четвертинною структурою. Денатуровані білки гідролізуються швидше і повніше ніж нативні.

ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРМЕНТІВ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Для харчових технологій ферменти викликають інтерес у *трьох* аспектах:

- під час переробки харчової сировини важливо знати та контролювати дію внутрішньоклітинних ферментів, які можуть викликати бажані або небажані зміни;
- цілеспрямоване застосування ферментних препаратів;
- чисті ферментні препарати застосовують як аналітичний засіб у хімії та технології харчових продуктів — без виділення визначають кількість речовини в системі.

Ферментні препарати дозволяють значно прискорити технологічні процеси, збільшувати вихід готової продукції, підвищити її якість, покращити умови праці на виробництві.

У технології харчових продуктів застосовують ферментні препарати з амілолітичною, протеолітичною, ліполітичною, оксидазною активністю. Вони

використовуються в пивоварінні, виготовленні спирту, фруктових та овочевих соків, виготовленні дріжджів, сирів, м'ясопродуктів, рибодуктів, переробки крохмалю, виготовленні білкових гідролізатів, інвертного сиропу та інших технологіях.

Хлібопечення

Якість хліба визначається особливостями хімічного складу борошна і активністю її ферментного комплексу, а також умовами бродіння і випічки. Висока якість можлива тільки у тому випадку, якщо в процесі гармонійно поєднуються швидкості мікробіологічних процесів і біохімічних перетворень. Ферментативний гідроліз високомолекулярних компонентів сировини (білків і вуглеводів) певною мірою сприяє інтенсифікації цих перетворень і позитивно впливає на якість хліба.

Сьогодні широко застосовують ферментні препарати для регулювання біокаталітичних процесів, що відбуваються в приготуванні тіста і випічки хліба. Традиційний солод використовується в основному для приготування поживних середовищ (заварок) для рідких дріжджів, для активації пресованих дріжджів, а також у випічці спеціальних сортів хліба.

Ефективність використання тих або інших ферментних препаратів в хлібопеченні значною мірою залежить від якості борошна. Хлібопекарські властивості борошна, особливо якість клейковини і активність власних ферментів, визначають вимоги до ферментних препаратів.

Основним препаратом, широко впровадженим в хлібопекарську промисловість, є *амілоризин П10Х*. Він має амілолітичну і протеолітичну активність. Отримати хліб з належною пористістю, об'ємом і забарвленням кірки можна тільки у тому випадку, якщо на всіх стадіях технологічного процесу досить цукрів, що забезпечують інтенсивність газоутворення. Незважаючи на присутність у борошні власних цукрів, хліб, отриманий за рахунок зброджування тільки власних цукрів борошна, не відповідатиме вимогам стандарту. Під час газоутворення тільки за рахунок власних цукрів борошна максимум виділення діоксиду вуглецю припадає на перші 1...2 години бродіння. Між тим в процесі хлібопечення газоутворення в тісті повинне залишатися досить високим і на останній стадії (розстоювання і перші 10...15 хвилин випічки). За наявності у борошні активної β -амілази газоутворення в процесі бродіння тіста відбувається по зростаючій і максимум припадає на 4 години бродіння. Інакше для отримання додаткової кількості зброджуваних цукрів і інтенсифікації процесу бродіння потрібне застосування амілолітичних ферментних препаратів.

Значення цукрів не обмежується тільки процесом бродіння. Величезну роль цукру відіграють в утворенні забарвлених і ароматичних речовин хліба, приймаючи участь в реакції меланоїдиноутворення.

Важливими для хлібопечення є зміни, яких зазнає під час тістоведення і розстоювання білковий комплекс борошна. Саме білковий комплекс і його ферментативні зміни визначають собою фізичні властивості тіста. Від білкового комплексу залежить поведінка тіста під час його замішування і розстоювання

(формоутримання) та якість готового хліба, його об'єм, пористість, структура м'якуша.

Кондитерське виробництво

Застосування ферментних препаратів в кондитерському виробництві зумовлене, з одного боку, видом і властивостями сировини, з іншої – технологічною необхідністю і доцільністю.

Комплексні ферментні препарати, що містять активні *протеази і α -амілазу* (наприклад, *амілоризин П10Х*), застосовують у виробництві борошняних кондитерських виробів з метою прискорення процесу бродіння і коригування фізичних властивостей клейковини борошна, зміни властивостей реології тіста, прискорення його «дозрівання».

У виробництві борошняних кондитерських виробів з використанням дріжджів, таких як галети, крекери, кекси доцільним є застосування комплексних препаратів з переважанням протеолітичної дії, але які містять у своєму складі α -амілазу. Сукупну дію цих ферментів забезпечують дріжджі, що зброджують цукри і низькомолекулярні азотисті речовини. Частина невикористаних під час бродіння цукрів і азотистих речовин вступає в реакцію меланоїдиноутворення, завдяки чому галети і крекери набувають інтенсивного забарвлення і приємного аромату.

У виробництві печива з використанням хімічних розпушувачів, коли багато зусиль спрямовується на розслаблення клейковини, упродовж тривалого технологічного процесу разом з механічною дією на білки клейковини доцільним є використання протеолітичних ферментних препаратів — α -амілаза, яка є присутньою в якості супутнього ферменту як в грибних, так і бактерійних препаратах, не заважає їх використанню.

Для заварних пряників найбільше значення має протеоліз, але разом з потребою в регульованому розслабленні тіста важливим є і збереження свіжості (м'якості) продукту, тому доцільним є застосування комплексних ферментних препаратів з переважанням протеолітичної активності.

У виробленні кексів, а також бісквітного напівфабрикату, що випікаються в досить товстому шарі за невисокої температури, за потреби застосування комплексних бактерійних препаратів слід їх не передозувати, щоб уникнути псування м'якуша. Необхідно враховувати, що збивання тіста призводить до підвищення атакуємості ферментами крохмалю, білків, інших речовин, посилюючи тим самим кінцевий ефект гідролізу. У виробництві бісквітного напівфабрикату потрібні комплексні ферментні препарати з помірною активністю протеолітичних ферментів і невисокою α -амілазною (декстринуючою) здатністю. За такого поєднання забезпечується помірне розслаблення клейковини, що сприяє кращому підйому тіста під час випічки і утворенню тонкопористої повітряної структури готових виробів. Утворення декстрину, у свою чергу, сприяє збереженню їх свіжості.

Комплексні ферментні препарати, що містять протеази і α -амілазу, використовуються для прискорення і полегшення обробки тіста у приготуванні листового напівфабрикату з метою поліпшення його еластичних властивостей і

попередження усадки під час випічки. Крім того, застосування таких ферментних препаратів у виробництві вафель дозволяє оптимально знизити в'язкість вафельного тіста, сприяє отриманню тонких хрустких вафельних листів.

Інвертаза застосовується в кондитерській промисловості для виробництва відливних помадних корпусів цукерок, круглих помадних корпусів і рідких фруктових начинок, таких як вишневий лікер. У кожному випадку її застосування зумовлене необхідністю отримати напівм'яку або рідку консистенцію за високих концентрацій цукру(78%). Прискорення або уповільнення дії інвертази досягається шляхом зміни концентрації препарату, що вноситься, кількості води і температурного режиму. За високої температури інвертаза інактивується, і навіть за температури відливання (65°C) активність інвертази знижується на 12% впродовж 30 хвилин і на 24% впродовж 60хв. Деякі сорти цукерок, наприклад, цукерки з вишневим лікером, неможливо виготовити без інвертази. При виробництві помадної маси з кокосових горіхів застосування інвертази зумовлене і підвищеною вологоутримуючою здатністю фруктози, що утворюється під дією цього ферменту.

Молочні інгредієнти широко застосовуються у виробництві кондитерських виробів, вони в значній мірі зумовлюють їх аромат, смак і поживну цінність. У посиленні аромату молочного шоколаду, карамелі, іриса, вершкового крему разом з іншими компонентами беруть участь і вільні жирні кислоти, що утворюються під дією *ліпаз*. За низьких рівнів вільних жирних кислот аромат виробів посилюється, але нові аромати не утворюються; за середніх — з'являється аромат олії; за високих — аромат сиру. Подібні ароматичні речовини можуть бути отримані шляхом модифікації олій або жирів із застосуванням препаратів ліпаз різного походження (тваринних, рослинних, мікробних).

М'ясна та рибна промисловість

Використовуючи ферменти, можна цілеспрямовано змінювати структуру білка. Завдяки частковому гідролізу білка досягається підвищення розчинності, емульгувальної активності, спроможності до піноутворення, стабілізації піни та емульсії. Особливий інтерес для модифікації білків та переробки їх у харчові продукти мають реакції розщеплення та утворення пептидних зв'язків, що каталізуються протеазами. Так, останнім часом почали використовувати частковий гідроліз білків сполучної тканини м'яса, *тендеризацію* м'яса для підвищення його якісних показників.

Найбільш ефективний метод підвищення розчинності білка — ***ферментативний гідроліз***. Для гідролізу білка тваринного походження використовують такі ферменти, як пепсин, папаїн, проназа. Однак підвищення його розчинності супроводжується підсиленням накопичення пептидів гідрофобного характеру. Значно ефективніше піддаються солубілізації риб'ячі білки. Під дією амілосубтиліну, протосубтиліну, бромелаїну при рН 6,5...7,0, температурі близько 30°C протягом 15 хвилин білки риби збільшують емульгувальну активність у 1,5 раза, а розчинність їх зростає на 20 %.

Незважаючи на складність управління ферментативними процесами, вони мають певну перспективу, бо не призводять до втрат харчової цінності, не погіршують засвоєння білків.

Для промислових цілей з рослинної сировини найчастіше виділяють протеолітичні ферменти — папаїн з дерева папайї, фіцін — з рослини інжиру, бромелаїн — з ананаса. Усі ці препарати істотно поліпшують якість м'яса, сприяючи розм'якшенню твердих частин. З пророслого зерна одержують ферментні препарати для гідролізу крохмалю. Широко відомі препарати амілолітичних, пектолітичних і протеолітичних ферментів, глюкооксидози, каталази та інші, одержувані за допомогою мікроорганізмів.

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Для виробництва харчових продуктів широко використовуються мікробіологічні процеси. Цілеспрямоване промислове використання мікробіологічного синтезу почалось у минулому столітті, коли мікробіологією були розроблені ефективні методи селекції та промислового застосування багатьох родин, видів, штамів і рас мікроорганізмів. Технології виробництва, які базуються на використанні направленої мікробіологічного та біохімічного синтезу, отримали назву *біотехнологій*, які в даний час набувають все більшого поширення.

Мікробіологічні процеси в харчових технологіях використовують з метою виробництва певних продуктів та консервування. На сучасному етапі розвитку харчових технологій спостерігається як подальша модернізація традиційних біотехнологій, так і розробка нових. Основними напрямками модернізації є:

- застосування біотехнологій для інтенсифікації виробництва;
- для зменшення негативного впливу жорстких режимів;
- для поліпшення якості, посилення смакових, ароматичних та інших споживчих властивостей продукції.

Більшість традиційних та нових біотехнологій засновані на використанні процесів бродіння, гідролізу та синтезу. Особливо широкого розповсюдження набули бродильні виробництва: виробництво етилового спирту, виноградних та плодово-ягідних вин, пивоваріння, хлібобулочних виробів, молочної продукції та інші харчові виробництва, основу технології яких складає процес бродіння.

Біотехнологічні процеси за їх збудниками та сутністю поділяють на процеси *дозрівання та бродіння*.

Дозрівання — це складний біотехнологічний процес, в якому беруть участь ферменти сировини або внесені ферментні препарати і мікробіологічні процеси. При дозріванні зміни відбуваються не тільки у вуглеводних, а й у білкових, жирових сполуках, органічних кислотах тощо.

Дозрівання як біотехнологічний процес переважно є складовою частиною технологій виробництва деяких харчових продуктів: вина, пива, кисломолочних продуктів. Дозрівання є завершальним технологічним процесом і відбуваються при зберіганні цих продуктів. У виробництві сирів, сирокочених ковбас, м'ясокопченостей, солоної, пряної риби, рибних пресервів тощо процес

дозрівання є вирішальним етапом технології, завдяки якому формуються основні функціональні та якісні характеристики продукту: смак, запах, консистенція, колір, структура та інші.

Сутність процесу дозрівання полягає в сукупній дії ферментів самої сировини або доданих до неї та ферментів мікрофлори, яка бере участь в дозріванні продукту. Так, при дозріванні вина під дією ферментів сировини в ньому відбуваються складні окислювальновідновні та гідролітичні процеси. Паралельно з ними протікають автолітичні процеси дріжджових клітин. Продукти автолізу і метаболіти взаємодіють з компонентами вина і внаслідок цього формуються колір, смак, аромат, прозорість та інші характеристики вина.

При виробництві сирів стадія дозрівання обумовлена дією ферментів молока, сичугового ферменту, молочнокислої та іншої мікрофлори. Під їх впливом у сирній масі проходять процеси гідролізу білків, молочного жиру, молочнокислого та пропіоновокислого бродіння. В залежності від складу сировини, температурного режиму та інших виробничих умов ці процеси можуть протікати за різними механізмами і утворювати різні кінцеві продукти. Саме цим пояснюється така велика структура сирної продукції і суттєві відмінності в її споживчих характеристиках.

Бродіння відбувається в середовищах, які містять цукристі речовини. У бродильних виробництвах застосовують різні мікроорганізми:

- *дріжджі* — у хлібопеченні, пивоварінні, виробництві етилового спирту, вин.
- *бактерії* — у виробництві оцту, молочної кислоти, житнього хліба, кисло молочних продуктів.
- *цвілеві гриби* — у виробництві лимонної кислоти, окремих видів сиру.

Ці мікроорганізми розрізняються за будовою, розміром, способом розмноження, реакцією з вільним киснем, умовами росту, здатністю діяти на різні субстрати. Але вони подібні в тому, що активно розвиваються і містять біокаталізатори — ферменти, за допомогою яких каталізують різні реакції.

Живі клітини продукують два типи ферментів:

- *екзоферменти* (зовнішній) — виділяються клітинами і діють у середовищі, розщеплюючи білки, вуглеводи, жири;
- *ендоферменти* (внутрішні) — утворюються й залишаються всередині клітин, здійснюючи процеси розкладання й синтезу речовин.

Бродіння — це біохімічне перетворення в *анаеробних умовах* органічних сполук, що містять в своєму складі кисень, під впливом мікроорганізмів або ферментів, що виділяються ними: вуглеводів, спиртів, органічних кислот, амінокислот, пуринів, піримідинів. При цьому вивільнена енергія витрачається ними для власної життєдіяльності.

Продуктами бродіння є прості сполуки — різні органічні кислоти (молочна, масляна, оцтова, мурашина), спирти (етиловий, бутиловий, пропіловий), ацетон, а також CO_2 і H_2O . Зазвичай в процесі бродіння утворюється кілька продуктів. Залежно від того, який основний продукт накопичується в середовищі, розрізняють такі види бродіння:

- *молочнокисле*
- *спиртове*
- *маслянокисле*
- *пропіоновокисле*
- *лимоннокисле*
- та інші.

Фактори середовища, що впливають на життєдіяльність клітин поділяють на хімічні, фізичні і біологічні:

- *хімічні фактори* — склад середовища, концентрація речовин, рН, редокс-потенціал, наявність інгібіторів, фізіологічно активних речовин;
- *фізичні* — температура, енергія випромінювання, тиск, вологість та інші;
- *біологічні* — це взаємодії між мікроорганізмами, що обумовлено одночасною присутністю в середовищі різноманітних видів (симбіоз, метабіоз, антогонізм).

Знання факторів, що впливають на обмін речовин мікроорганізмів і особливостей їхнього впливу на клітину дозволяє здійснювати регулювання процесів ферментації в бажаних межах і гарантувати високу якість одержаних продуктів.

Спиртове бродіння

В харчовій промисловості найбільш широко використовується спиртове бродіння, збудниками якого є культурні дріжджі сімейства сахароміцетів (*Saccharomyces*).

Спиртове бродіння здавна використовується людиною у хлібопекарстві (забезпечує пористість дріжджового тіста) та для виробництва пива, вина, етилового спирту.

Спиртове бродіння — біохімічний процес ферментації, при якому цукри (глюкоза і фруктоза), розкладаються під дією ферментів з виділенням енергії і утворенням етилового спирту та вуглекислого газу.



Сахароза і мальтоза зброджуються лише після попереднього їх гідролізу на складові моносахариди ферментами α -глікозидазою і β -фруктофуранозідазою дріжджів.

В процесі бродіння завжди в незначній кількості утворюються деякі інші речовини: янтарна, лимонна кислота, а також суміш амілового, ізоамілового, бутилового та інших спиртів, оцтова кислота, дикетони, оцтовий альдегід, гліцерин і ряд інших сполук, від наявності незначних кількостей яких залежить специфічний аромат вина, пива та інших спиртних напоїв. Вищі спирти ще називають *сивушними маслами*.

Оптимальна температурна для життєдіяльності та розмноження дріжджів — 25...30°C, мінімальна — 2...3°C. За температури 45...50°C клітини дріжджів відмирають. За умови високої концентрації цукру в середовищі життєдіяльність їх припиняється у зв'язку зі збільшенням осмотичного тиску, а за певного його значення настає плазмоліз — стискання клітин з наступним відшаруванням протоплазми від клітинної оболонки.

Розрізняють дріжджі верхового і низового бродіння.

Дріжджі верхового бродіння (пилоподібні) — на стадії інтенсивного бродіння виділяються на поверхні середовища у вигляді товстого шару піни і залишаються в такому стані до закінчення бродіння, потім осідають, але щільного осаду на дні бродильного апарата не дають. До них відносяться хлібопекарські, спиртові, деякі раси пивних дріжджів.

Дріжджі низового бродіння (пластівчасті) — під час бродіння не переходять у поверхневий шар, а швидко після закінчення бродіння злипаються за рахунок клейких оболонки і осаджуються та осідають, утворюючи на дні бродильного апарата щільний шар. До них відносяться більшість винних дріжджів і пивні дріжджі.

Різновиди дріжджів, що застосовуються у виробництві, відрізняються декількома особливостями. Різні раси дріжджів застосовують для виробництва пива і виноградного вина.

У хлібопеченні використовують пресовані дріжджі — суміш декількох рас дріжджів. Спирт і вуглекислий газ, які утворюються при бродінні, розпушують тісто і сприяють його підйому, а побічні продукти бродіння надають хлібу своєрідний смак і аромат.

Молочнокисле бродіння

Молочнокисле бродіння — процес анаеробного окиснення вуглеводів, кінцевим продуктом якого є молочна кислота.

Молочнокисле бродіння використовується для консервації продуктів харчування за рахунок інгібування росту мікроорганізмів молочною кислотою і зниження рН з метою:

- тривалого зберігання (квашення овочів, сирокочення);
- виробництва кисломолочних продуктів (кислого молока, кефіру, ряжанки, йогурту, сметани, ацидофіліну, кумису);
- квасу, хлібних заквасок і «рідких дріжджів» для хлібопечення,
- біотехнологічного способу виробництва молочної кислоти;
- силосування кормів (рослинної маси).

При молочнокислом бродінні з однієї молекули гексози утворюються дві молекули молочної кислоти:



Молочнокисле бродіння спричиняють мікроорганізми, які поділяються на дві групи:

▪ I група — *гомoferментативні* молочнокислі бактерії (мікроорганізми, подібні *Streptococcus lactis*), що є істинними анаеробами і які зброджують гексози в точній відповідності з наведеним вище сумарним рівнянням молочнокислого бродіння.

▪ II група — *гетероферментативні* (бактерії *Bacterium lactis aerogenes*), які, окрім молочної кислоти, утворюють що утворюють молочну, оцтову кислоти, етиловий спирт, вуглекислий газ, водень і метан. У житньому хлібі разом зі спиртовим бродінням, відбувається молочнокисле бродіння, в результаті чого накопичується як молочна, так і оцтова кислоти.

Молочнокисле бродіння може збуджуватися як чистими культурами мікроорганізмів, так і природною (банальною) молочнокислою мікрофлорою, для якої створюють сприятливі умови розвитку.

Чисті культури використовують в кисломолочному, сироробному, ковбасному виробництвах, а також під час мікробного синтезу молочної кислоти. В інших виробництвах, наприклад під час засолювання та квашення плодів і овочів, частіше використовують природну мікрофлору.

Кращими субстратом є моносахариди, проте молочнокисла мікрофлора легко гідролізує дисахариди до мономерів та засвоює їх (запасує надлишкові цукри у вигляді полімерних форм — манітол, декстран). Молочнокисла мікрофлора продукує ендоферменти, які залишаються і діють в цитоплазмі мікробіальної клітини. Тому для протікання процесу бродіння необхідно, щоб субстрат знаходився в розчиненому стані і міг транспортуватися крізь оболонку клітин в цитоплазму. Виходячи з цього, для проведення бродіння сировини, яка не містить вільних цукрів, піддають попередній обробці. Частіше за все таким заходом є засолювання, який викликає плазмоліз клітин сировини і вихід клітковинного соку.

Молочна кислота, що накопичується в кількості 1...2% має виражену бактерицидну дію. У результаті її накопичення також відбувається зниження рН, створюється кисле середовище. Все це разом створює несприятливі умови для інших видів мікроорганізмів, крім дріжджів та пліснявих грибів.

Тому поряд з молочнокислим, як головним, домінуючим, видом бродіння, майже завжди має місце супутні — спиртове, оцтовокисле, а також розвиток плісняви. Під час використання природної мікрофлори супутні види бродіння можуть викликатися різними видами і расами молочнокислої мікрофлори. Так, серед різновидів і рас молочнокислої мікрофлори є такі, що можуть зброджувати цукри з утворенням не тільки молочної кислоти, а й етилового спирту, оцтової кислоти, вуглекислого газу тощо:



Якщо субстратом бродіння є рибоза, то поряд з молочною утворюється оцтова кислота за схемою реакції:



За умови доступу кисню під дією супутної мікрофлори етиловий спирт зброджується до оцтової кислоти:



Супутні продукти — етиловий спирт, мурашина, оцтова, пропіонова, масляна кислота, вищі спирти та інші сполуки беруть участь у формуванні смако-ароматичних властивостей, консистенції та інших характеристик продукту.

Оптимальна температура для молочнокислого бродіння — 30...35°C, але практично його проводять за більш низьких температур (20...25°C), оскільки оптимальний діапазон є також кращим для маслянокислої та гнильної мікрофлори. Оптимальне значення рН — 3,0...4,5. Більшість видів молочнокислої мікрофлори, як і дріжджі, відносяться до факультативних

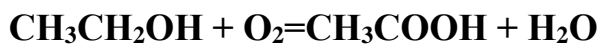
анаеробів, тому для кращого перебігу процесу створюють анаеробні умови, що також сприяє пригніченню розвитку небажаної, шкідливої, аеробної мікрофлори.

Оцтовокисле бродіння

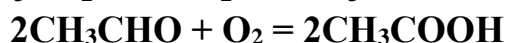
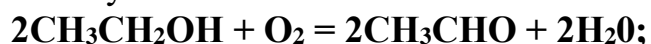
Оцтовокисле бродіння — це процес окиснення оцтовими бактеріями етилового спирту в оцтову кислоту. Найчастіше оцтовим бродінням уражаються вина. Харчові продукти після оцтового бродіння мають запах оцтової кислоти, стають мутними і навіть ослизнюються. Оцтове бродіння покладено в основу виробництва оцтової кислоти, яка є харчосмаковою добавкою та консервантом і широко використовуються в харчових виробництвах. Супутніми продуктами цих біотехнологій є глюконова та щавлева кислоти.

Для оцтовокислого бродіння переважно використовують ректифікований етиловий спирт, спирт-сирець з крохмалевмісної сировини або плодово-ягідні виноматеріали (для отримання фруктового оцту).

Оцтовокисле бродіння — це окислення бактеріями етилового спирту в оцтову кислоту:



Під час оцтовокислого бродіння реакція окислення етилового спирту протікає в дві стадії: спочатку утворюється оцтовий альдегід, який потім окислюється в оцтову кислоту:



Збудником оцтовокислого бродіння є оцтовий гриб (*Mycodegma aceti*). Оцтовокислі бактерії є грамнегативними, паличкоподібними, безспоривими, чітко аеробними організмами. Серед них є рухомі і нерухомі бактерії. Вони кислотостійкі і деякі можуть розвиватися за рН середовища до 3,2.

Оптимальна температура росту і розвитку різних оцтовокислих бактерій складає 20...35°C. Деякі з них здатні синтезувати вітаміни В₁, В₂, В₁₂, проте багато з них самі потребують вітаміни і перш за все пантотенової кислоти. Оцтовокислі бактерії часто зустрічаються у вигляді довгих ниток і багато з яких утворюють плівки на поверхні субстрату. Деякі бактерії суцільної плівки не утворюють, а дають тільки колонії їх на поверхні рідини або «кільце» біля стінок судини.

Основним компонентом харчового оцту є оцтова кислота. Отримувати її можна двома способами:

- хімічним — з продуктів сухої перегонки деревини
- мікробіологічним — в результаті оцтовокислого бродіння спиртовмісних рідин (виноградне вино, сидр, пивне сушло, мед і соки різних фруктів або водний розчин етилового спирту).

У таких рідинах окислення етанолу до оцтової кислоти проводять в більшості випадків оцтові бактерії *Acetobacteraceae*. При цьому в готовому продукті поряд з оцтовою кислотою є невелика кількість складних ефірів, альдегідів і інших органічних сполук, які надають йому особливий смак і приємний аромат. Розведена ж водою оцтова кислота, отримана хімічним шляхом, позбавлена таких властивостей.

Пропіоновокисле бродіння

Пропіоновокисле бродіння — це процес анаеробного перетворення вуглеводів та молочної кислоти, що здійснюється деякими бактеріями, зокрема представниками родини *Propionibacterium*, кінцевими продуктами якого є пропіонова та оцтова кислоти та вуглекислий газ.

Бактерії, для яких характерне пропіоновокисле бродіння, використовуються у процесі виробництва твердих сирів (голландського, швейцарського), отриманні медичного вітаміну В12. При виробництві сиру це бродіння відбувається після молочнокислого. Виділення кислот і газу цими мікроорганізмами важливе для остаточного формування смаку та утворення «вічок» у цих сирах.

Маслянокисле бродіння

Маслянокисле бродіння — це бродіння під дією маслянокислих бактерій, що зустрічаються в ґрунті, повітрі, забрудненій воді, скупченнях рослинних залишків з утворенням масляної кислоти за тривалого зберігання харчових продуктів. Цей процес відбувається за тривалого зберігання харчових продуктів. Масляна кислота має гіркий присмак. Накопичення цієї кислоти у складі продуктів погіршує їх смакові якості.

Характерні ознаки маслянокислого бродіння:

- виділення газів,
- гострий запах масляної кислоти,
- неприємний смак.

У консервах і сирах при маслянокислому бродінні спостерігається спучування банок. Маслянокисле бродіння може розвиватися в сирому борошні, надаючи їй гіркий смак. Маслянокислі бактерії чутливі до кислоти і тому їх діяльність проявляється там, де молочнокисле бродіння виключено (пастеризоване молоко) або у сирому молоку при тривалому зберіганні на холоді.

Лимоннокисле бродіння

Лимоннокисле бродіння — окислення вуглеводів, деяких спиртів і органічних кислот до лимонної кислоти плісневими грибами з родів *Aspergillus* і *Penicillium*. Окрім лимонної кислоти, при лимоннокислому бродінні утворюються невелика кількість глюконової і щавлевої кислот. Промислове одержання лимонної кислоти відбувається шляхом зброджування грибом *Aspergillus niger*.

Спочатку з вуглеводів утворюється піровиноградна кислота, яка перетворюється на щавлевооцтову кислоту, а потім на лимонну.

Промислове одержання лимонної кислоти базується на зброджуванні грибом *Aspergillus niger* розчину сахарози або меляси.

БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

При зберіганні сировини відбуваються гідролітичні та автолітичні процеси, які обумовлені дією ферментів, що в ній знаходяться. Гідролітичні процеси протікають під дією гідролаз. Вони гідролізують білки, жири, вуглеводи і, як правило, погіршують смак і запах продукту, є причиною значних втрат.

Автоліз — цей процес, який протікає в тканинах м'яса і риби. Властивості м'яса змінюються у певній послідовності відповідно до основних етапів автолізу: парне м'ясо — посмертне задубіння — послаблення посмертного задубіння і визрівання — глибокий автоліз. Його якісні показники при цьому істотно відрізняються:

- *парне м'ясо* (до 3 годин після забою) — має ніжну консистенцію і високу водозв'язувальну здатність;

- *м'ясо в період посмертного задубіння* (перша доба після забою) — різке зниження водозв'язувальної здатності, зростання механічної міцності, зниження рН від 6,5...7,0 до 5,5...5,6, погіршення смаку і запаху;

- *м'ясо на стадії визрівання* (після двох або більше діб зберігання) — м'ясо частково відновлює свої властивості, хоча і не досягає рівня парного, у м'ясі істотно поліпшуються всі характеристики, причому збільшення температури середовища прискорює процес визрівання.

Основою автолітичних перетворень м'яса є зміни вуглеводної системи та стану міофібрилярних білків.

У м'ясі відбувається анаеробний розпад глікогену, який здійснюється у результаті фосфоролізу і амілолізу з утворенням молочної кислоти і глюкози. Швидкість гліколізу можна регулювати:

- введення хлориду натрію в парне м'ясо пригнічує процес;
- використання електростимулювання — прискорює;
- інтенсивний зажиттєвий розпад глікогену може спричинити стресові ситуації у тварин.

Ферментативний розпад глікогену є пусковим механізмом для розвитку наступних фізико-хімічних і біохімічних процесів. Накопичення молочної кислоти призводить до зміщення рН у кислий бік від 7,2 ...7,4 до 5,4 — 5,8, у результаті чого:

- збільшується стійкість м'яса до дії гнильних мікроорганізмів;
- знижується розчинність м'язових білків (ізоточка рН 4,7... 5,4), рівень їх гідратації, водозв'язувальна здатність;
- набухає колаген сполучної тканини;
- підвищується активність катепсинів (оптимум діяльності рН 5,3), що спричинює гідроліз білків на пізніших стадіях автолізу;
- руйнується бікарбонатна система м'язової тканини з виділенням вуглекислого газу;
- створюються умови для інтенсифікації реакцій кольороутворення внаслідок переходу в міоглобіні двохвалентного заліза в тривалентне;
- змінюється смак м'яса;
- активізується окиснення ліпідів.

Накопичення молочної кислоти істотно впливає на стан м'язових білків, що, в свою чергу, визначає технологічні властивості м'яса, консистенцію, водозв'язувальну здатність, емульгуючі і адгезійні показники.

Зміщення рН м'яса в кислий бік запускає механізм перетворення міофібрилярних білків: міозин взаємодіє з фібрилярним актином з утворенням

актоміозинового комплексу, що приводить до скорочення м'язів. Результатом скорочення є зростання твердості м'яса, зменшення еластичності і рівня водозв'язувальної здатності.

Зміщення рН у кислий бік сприяє збільшенню загальної активності тканинних ферментів — катепсинів. При цьому виникають умови для протеолітичного гідролізу м'язових білків на стадії визрівання м'яса. Під впливом тканинних ферментів поступово відбувається дисоціація актоміозинового комплексу.

Слід зазначити, що характер розвитку автолізу в білих і червоних м'язових волокнах м'яса дещо відрізняється. Червоні волокна характеризуються повільним скороченням і значною тривалістю процесу на відміну від білих.

У процесі тривалого визрівання м'яса істотно поліпшуються органолептичні і технологічні характеристики. На ранніх стадіях автолізу м'ясо не має вираженого смаку і запаху. Залежно від температури зберігання смак і аромат м'яса з'являється лише на 3–4-ту добу, завдяки накопиченню продуктів ферментативного розпаду білків і пептидів (глутамінова кислота, треонін, сірковмісні амінокислоти), нуклеотидів (інозин, гіпоксантин та ін.), вуглеводів (глюкоза, фруктоза, піровиноградна і молочна кислота), ліпідів (низькомолекулярні жирні кислоти), а також креатину, креатиніну та інших азотистих екстрактивних речовин.

Термін визрівання м'яса залежить від виду тварин, частини туші, вгодованості і температурного режиму зберігання. Як правило, в м'ясі з нормальним розвитком автолізу його ніжність і водозв'язувальна здатність досягають оптимуму через 5...7 діб зберігання за температури 0–2 °С, органолептичні показники — на 10...14-ту добу. В зв'язку з цим тривалість витримування вибирають залежно від способу подальшого технологічного використання сировини.

Найкращий вид сировини для натуральних напівфабрикатів — м'ясо з періодом витримування 7...10 діб визрівання. Парне м'ясо рекомендується використовувати для виробництва варених ковбас і солених виробів зі свинини. Білки парного м'яса мають найбільшу водозв'язувальну і емульгуючу здатність, розварюваність колагену максимальна.

Ці обставини забезпечують високий вихід готової продукції і знижують вірогідність утворення дефектів за теплового оброблення. В перші години після забою м'ясо бактерицидне і вміщує незначну кількість мікроорганізмів.

Проте робота з парним м'ясом потребує як високої оперативності технологічного процесу (інтервал від моменту забою до стадії термообробки готових виробів не повинен перевищувати 3 години), так і використання спеціальних способів, спрямованих на затримання ходу гліколізу і процесу взаємодії актину з міозином:

- швидке заморожування обваленого парного м'яса (без або після попереднього подрібнення) введенням твердої вуглекислоти;
- обвалювання парного м'яса, швидке подрібнення і соління з введенням 2–4 % хлориду натрію;

- введення розсолів через кровоносну систему одночасно із знекровленням під час забою тварин;
- ін'єктування розсолів у відруб безпосередньо після розбирання парних туш;
- використання сублімаційного сушіння парного м'яса.

Усе це дає змогу ліквідувати або звести до мінімуму наслідки посмертного задубіння.

Під час автолізу також змінюються білки сполучної тканини. Так, розварюваність колагену в парному м'ясі максимальна, а на стадії задубіння різко зменшується. Під час визрівання м'яса ступінь термічної дезагрегації колагену поступово підвищується.

За умови глибокого автолізу відбувається розпад білків і жирів, з'являється кислий смак.

Однією з головних причин псування сировини під час зберігання є розвиток мікроорганізмів. У мікробіологічних процесах розрізняють *бродіння*, *гниття* і *пліснявіння* сировини.

Бродіння — це процес окисного розщеплення безазотних органічних речовин під дією ферментів, що виділяють мікроорганізми (дріжджі, бактерії, плісеневі гриби). Можливе протікання спиртового, молочнокислого, оцтовокислого, протеїнового бродіння.

Гниття — процес бактеріального розкладання білків, що супроводжується утворенням гостро неприємно пахучих і токсичних для організму людини і тварин амінів та ароматичних сполук.

У процесі гниття бере участь велика кількість різноманітних мікроорганізмів. Загальний біохімічний характер цих процесів досить постійний; деталі змінюються в залежності від виду мікрофлори, зовнішніх умов, складу та властивостей білків, що розкладаються. У залежності від складу білків продукти гниття будуть різні. Легше піддаються дії мікроорганізмів білки, що знаходяться в розчиненому стані, такі як желатин, білки крові, білки яєць.

Гниття — це глибокий розпад білків і продуктів їх гідролізу. До продуктів розпаду відносяться аміак, аміни, фенол, крезол. Вони мають неприємний запах і є токсичними, що робить продукт непридатним до вживання та використання.

Пліснявіння — найпоширеніший вид мікробіологічного псування харчових продуктів. Пліснявіння викликають цвілеві гриби, що утворюють на поверхні харчових продуктів пухкі слизуваті нальоти білого, жовтого, зеленого або чорного кольору. Споживання продуктів, уражених цвілевими грибами, може спричинити тяжкі харчові отруєння.

Найвідоміші представники цвілевих грибів — мукор та пеніцил, дрібні і легкі спори яких розносяться потоками повітря, а, потрапивши на сприятливий субстрат, проростають, утворюючи нові міцелії. Гриб мукор часто з'являється на хлібі, овочах у вигляді білого пухнастого нальоту, який через певний час стає чорним.

Гриб пеніцил оселяється на харчових продуктах і на ґрунті. Певні види цвілевих грибів використовуються для отримання харчових продуктів та

лікарських препаратів: лимонної кислоти, певних сортів твердих сирів із гострим смаком та специфічним запахом (наприклад, знамениті «рокфор» та «камамбер»), антибіотиків, вітамінів.

Цвілі викликають розкладання цукрів, білків, жирів. У результаті утворюються афлоноксини, що є дуже шкідливими речовинами. Продукти набувають неприємного смаку і запаху.

Пліснявінню сприяє висока відносна вологість повітря. Для розвитку більшості мікроорганізмів сприятливими умовами є підвищена температура (20 — 40°C) і вологість повітря.

На розвиток мікроорганізмів впливає також реакція середовища:

- дріжджі і цвілі розвиваються в кислому середовищі;
- гнильні мікроорганізми розвиваються в лужному середовищі.

Розвиток мікроорганізмів при температурі:

- до 0°C — сповільнюється;
- 0°C — припиняється;
- 70 — 100°C — гине основна маса, залишаються спори;
- понад 120°C — гинуть і спори.

Процеси, які протікають у харчових продуктах, що зберігаються, взаємозалежні. Якість і втрати окремого продукту залежать від спільного впливу різних процесів, їх спрямованості й інтенсивності. Якість деяких продуктів під час зберігання протягом певного часу може поліпшуватися, що спостерігається під час дозрівання осінніх і зимових сортів яблук і груш, помідорів, бананів, під час дозрівання м'яса, витримці марочних коньяків і вин. Для інших товарів (крупа, цукор, картопля, буряк та ін.) можна зберегти первісну якість, створивши оптимальні умови зберігання. Однак практично неможливо повністю виключити зниження якості і втрати продукту під час зберігання.

ФЕРМЕНТОВАНІ ПРОДУКТИ

Алкогольні напої

Протягом усієї історії алкогольні напої були присутні у більшості культур. Вони вимагають алкогольного бродіння фруктів чи інших матеріалів із високим вмістом цукру з допомогою дріжджів. Вміст алкоголю у напої діє як консервант, і багато цих продуктів мають тривалий термін зберігання. Протягом багатьох років пивоварні дріжджі розвивалися шляхом відбору та мутацій, а також були розроблені за допомогою генної інженерії. Значних успіхів було досягнуто поліпшенні характеристик ферментаційних штамів завдяки високим доходам, що з виробництвом алкогольних напоїв.

Пиво виробляється шляхом ферментації зерен злаків, що частково проросли, званих *солодом*, за допомогою дріжджів. Пиво має кінцевий вміст етанолу близько 3-8%. Існує величезна різноманітність сортів пива. Воно може бути як світлим, так і темним.

Для приготування пива потрібно кілька кроків. Спочатку ячмінь замочують у воді на 5-7 днів для одержання солоду. На цьому етапі зерна частково проростають та виробляють ферменти, в основному амілази та

протеази, необхідні для процесу пивоваріння. Амілази розщеплюють крохмаль до глюкози, цукру, необхідного для дріжджового бродіння, а протеази розчиняють сполуки у зерні та хмелі, що важливо для якості пива. Після, застосовують тепло, щоб зупинити подальше проростання. Для розвитку кольору та аромату солод обсмажують протягом 4-5 годин при температурі 80-105°C. Висушений і подрібнений солод суспендують у воді та змішують з добавками, такими як мелений рис та кукурудза. На цій стадії зазвичай додають амілазу, щоб забезпечити повний гідроліз крохмалю. Потім інкубують при температурі 65–70°C протягом короткого часу, щоб дозволити амілазі розщепити крохмаль до глюкози. Потім температуру підвищують до 75°C для інактивації ферментів і дають відстоятися. Нерозчинна речовина опускається на дно і служить фільтром у той час, як рідина, яка називається суслон, вибирається з ємності. Потім у суслон додають хміль або екстракти хмелю. Хміль є незамінним інгредієнтом, оскільки він діє як освітлювач, викликаючи осадження білка; він надає специфічного аромату та гіркого смаку. Хміль також має антибіотичні властивості і разом з етанолом та вуглекислим газом сприяє стабільності пива. Крім того, вміст білка в хмелі підвищує піноутворювальну здатність пива. Суміш кип'ятять 1,5-2,5 години для отримання правильного ніжного хмелевого смаку. Потім суміш суслон і хмелю кип'ятять, щоб сконцентрувати суслон, вбити мікроорганізми, що викликають псування, інактивувати ферменти і розчинити важливі сполуки. Потім суслон відокремлюють, охолоджують та ферментують. Ферментація ініціюється додаванням до суслон відповідних дріжджів. Ферментація елю завершується, коли рН знижується приблизно до 3,8 зазвичай через 7-12 днів; Лагер зі значеннями рН 4,1-4,2 завершується за 5-7 діб. Під час ферментації глюкоза в суслі перетворюється на етанол та CO₂. Потім зброжене суслон витримується при 0°C протягом кількох тижнів чи місяців. У цей період дріжджі осідають на дно судини, пом'якшуються гіркі смаки та утворюються інші сполуки, що підсилюють смак. Потім пиво фільтрують або центрифугують для видалення дріжджових клітин перед пакуванням та пастеризацією. Процес виготовлення пива завершується додаванням CO₂ до кінцевого вмісту 0,45-0,52%. Нарешті пастеризація пива при температурі 60°C або вище може бути проведена для знищення мікроорганізмів, що викликають його псування. Псування пива викликають в основному оцтовокислі бактерії, молочнокислі бактерії та дріжджі. Промислове псування пива зазвичай називають пивними інфекціями.

Вино можна виробляти з будь-якого фруктового соку з достатнім вмістом цукрів, що зброджуються, в більшості випадків вино являє собою напій, отриманий шляхом повного або часткового спиртового бродіння свіжого, подрібненого винограду або виноградного соку (суслон) з процесом витримки. Виноробство вина включає ряд етапів. Спочатку виноградні грона очищають від гнилих і засохлих ягід, а та відокремлюють від плодоніжок. Потім виноград подрібнюють та віджимають, щоб випустити сік, суслон. Виноградна шкірка, що залишилася, і кісточка, звані макухою, видаляються після другого пресування. При виробництві червоного вина суслон ферментують разом із шкіркою для

вилучення червоних пігментів із шкірки, які виділяються лише під час ферментації. Вилучення червоних пігментів іноді полегшується підвищенням температури до 50 °С перед ферментацією мезги або до 30 °С після основного бродіння з наступним коротким додатковим бродінням. Свіже солодке сушло обробляється діоксидом сірки, щоб придушити зростання небажаних мікроорганізмів і запобігти ферментативному потемнінню та окисленню, тим самим стабілізуючи колір вина. Потім сушло інактивують *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoides* або *pastorianus* і ферментують протягом 3-5 днів при температурі від 21 °С до 32 °С. У цей період рівень етанолу може становити 14–18%. Ферментація червоного вина триває довше, ніж у білого вина, доки з шкірки не буде витягнуто потрібну кількість кольору. Вино переливається, щоб позбавитися осаду. Переливається воно в бочки, чани або резервуари для витримки, тривалість якої може змінюватись від 3 до 9 місяців. На цьому етапі вино очищується і набуває аромату. Потім вино вилучають із чанів і розливають у пляшки, в яких триває витримка. Після спиртового бродіння можна провести яблучно-молочне бродіння зниження кислотності і пом'якшення вина. Під час яблучно-молочного бродіння яблучна кислота розщеплюється до молочної кислоти багатьма молочно-кислими бактеріями, переважно роду *Lactobacillus*, *Leuconostoc* (*L. oenos*) та *Pediococcus* (*P. cerevisiae*). Молочна кислота не така кисла, як яблучна; отже, кислотність вина знижується. Вино може бути схильне до деяких мікробних і хімічних дефектів. Мікробне псування може бути викликане пліснявою, молочнокислими бактеріями та оцтовокислими бактеріями. Хімічні дефекти призводять в основному до потемніння вина в результаті окисних реакцій фенольних сполук.

Дистильовані алкогольні напої. Обговорювані вище ферментації можуть давати максимальний вміст алкоголю близько 17%. Концентрації, що перевищують це, пригнічують метаболізм дріжджів. Для отримання вищих концентрацій спирту ферментований продукт необхідно згодом переганяти. Віскі, джин, горілка, ром та лікери є прикладами дистильованих спиртних напоїв. Хоча процес виробництва більшості продуктів цих видів дуже схожий на процес виробництва пива, вміст спирту в кінцевих продуктах значно вищий.

Молочні продукти.

Йогурт являє собою молочний продукт, що згорнувся, отриманий шляхом молочнокислого бродіння під дією *Streptococcus thermophilus* і *Lb. delbrueckii*. Йогурт готують з використанням незбираного або знежиреного молока, в якому вміст нежирних сухих речовин молока збільшується до 12-15% за рахунок концентрування молока або додавання сухого знежиреного молока або згущеного молока. Згущене молоко пастеризують при температурі 82-93 °С протягом 30-60 хв і охолоджують до температури інкубації закваски 40-45 °С. Потім додають йогуртову закваску в кількості близько 2% за обсягом і інкубують протягом 3-5 годин або до тих пір, поки кислотність кінцевого продукту не досягне 0,85-0,90% або рН 4,4-4,6. Потім йогурт охолоджують до 5 °С, щоб придушити подальше утворення кислоти. Симбіотичне зростання двох організмів краще спостерігається, коли вони існують у співвідношенні 1:1, що

призводить до більш високого вироблення молочної кислоти та ацетальдегіду, ніж при зростанні поодиноці. Стрептококи продукують молочну кислоту, мурашину кислоту та вуглекислий газ. Мурашина кислота стимулює зростання лактобацил. Лактобацили вивільняють деякі амінокислоти, необхідні для зростання стрептококів, та виробляють ацетальдегід та молочну кислоту, щоб довести рН до 4,4–4,6. Ацетальдегід – це сполука, яка в основному сприяє типовому смаку йогурту. Смак йогурту постійно змінюється у процесі виробництва та зберігання. Зміни смаку відбуваються в залежності від культур, складу суміші, умов інкубації та зберігання. *Lactobacillus acidophilus* можна додавати в йогуртову культуру для зниження надмірного вмісту альдегідів. Вона є корисною для здоров'я. Тип закваски, що використовується, може змінити фізичні характеристики кінцевого йогуртового продукту. Наприклад, липкі культури, використовують для підвищення в'язкості йогурту. Для цього використовують *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* та штами *Lactobacillus*. Інші способи підвищення в'язкості йогурту та подальшого зниження синерезису сироватки включають додавання стабілізаторів, збільшення вмісту знежирених сухих речовин молока, збільшення часу та підвищення температури пастеризації.

Сир - концентрований молочний продукт, отриманий після згортання та відділення сироватки з молока, вершків або частково знежиреного молока, сколотин або суміші цих продуктів. Сир можна вживати свіжим або після дозрівання. Сир зазвичай роблять із коров'ячого, овечого, козячого або буйволиного молока. Більшість сирів виготовляється з пастеризованого молока. Використання субпастеризаційної термічної обробки молока або термізації також практикується для обмеження змін у молоці, спричинених нагріванням, без шкоди для мікробіологічної безпеки. Існує більше 400 різновидів сирів, що представляють менше 20 різних типів, і вони згруповані або класифіковані відповідно до текстури або вмісту вологи, ступеня зрілості, або типу бактерій та плісняви які використовуються при виробництві. У таблиці наведена класифікація сирів залежно від показників дозрівання.

Загалом процес виготовлення починається з підготовки молока. Молоко зазвичай обробляється пастеризацією. Потім молоко охолоджують до температури бродіння, яка залежить від сорту сиру, який потрібно виготовити: 29–31 °С для чеддера, гауди, камамберу; вищі температури використовуються при виробництві заварних сирів, таких як ементаль, грюер та італійські сири. Молоко інактивують відповідною молочнокислою закваскою. Заквасочна культура виробляє молочну кислоту, яка викликає утворення сиру. Крім того, молочна кислота також відповідає за свіжий кислий смак незрілих сирів і відіграє важливу роль у придушенні патогенних мікроорганізмів та деяких мікроорганізмів, що викликають псування, а також у виробництві легких ароматичних сполук та ферментів, що беруть участь у процесі дозрівання сиру. Заквасочні організми, що найчастіше використовуються для виробництва сиру, являють собою закваски штаму *Lactococcus lactis* та його підвидів. Також додаються пропіонові бактерії, плісняві гриби, такі як *Penicillium camemberti*, *P.*

candidum, *P. roqueforti*, та деякі культури, такі як *Bacterium linens*, залежно від типу сиру. Час ферментації та кількість, що додається, різняться в залежності від типу сиру. Після згортання молока сир розрізають на дрібні кубики для видалення сироватки. Сир додатково стискається шляхом нагрівання, а потім пресується для видалення більшої кількості сироватки з наступним соленням. Нарешті, сир дозріває за умов, придатних для цього сиру.

Сорти сирів та їх класифікація

Найменування	Основні характеристики та приклади
М'які або незрілі	Без консервування – має бути зроблено із пастеризованого молока. Сир, Сливки, Моцарелла
Затверділі або достиглі	Солоні або мариновані Фета, Доміаті
	Дозрівають бактеріями та поверхневими мікроорганізмами Лімбургер, Брік, Порт-дю-Салют
	Дозріває переважно бактеріями, без вічок Едам, Гауда, Чеддер, Пармезан
	Дозріває переважно бактеріями, з вічками Ементаль, Грюйєр
Тверді або дозріли з цвіллю	Дозріває поверхневими пліснявами Камамбер, Брі
	Дозріває за рахунок зростання внутрішньої плісняви Рокфор, Стілтон, Горгонзола, Чешир, Датський синій

Дозрівання сиру включає складну серію хімічних і біохімічних реакцій. Протеоліз та ліполіз є двома основними процесами дозрівання сиру з різними хімічними, фізичними та мікробіологічними змінами, що відбуваються в контрольованих умовах. Ці реакції важливі у розвиток смаку і текстури сирів. Смакові сполуки включають пептиди та амінокислоти, вільні жирні кислоти, метилкетони, алкани, лактони, аліфатичні та ароматичні складні ефіри. Хоча більшість дозрілих сирів є продуктами метаболічної активності молочнокислих бактерій, деякі відомі сири завдячують своїм особливим характером іншим організмам. У разі швейцарського сиру, це молочнокислі бактерії *Propionibacterium shermanii*, *bulgaricus* та термофільні стрептококи. Пропіоні бактерії роблять свій внесок у типовий смак і текстуру сиру швейцарського типу. Активність цвілі відіграє важливу роль у дозріванні деяких сирів. У сирах з пліснявою, таких як Рокфор і Стілтон, *Penicillium roqueforti* росте по всьому сиру і надає вигляду з блакитними прожилками, характерним для цього типу сиру. *Penicillium camemberti* асоціюється з м'якими сирами поверхневого дозрівання, такими як камамбер та брі.

Ферментовані овочі

У всьому світі шляхом молочнокислого бродіння консервується велика кількість овочів. Найбільш важливими комерційно ферментованими овочами є капуста (квашена капуста), огірки та оливки. Інші включають моркву, цвітну капусту, селеру, цибулю та перець. Як правило, ці ферментації не передбачають використання заквасок та покладаються на природну флору. Розсільні розчини готують при бродінні квашеної капусти, солінь та оливок. Концентрація солі в розсолі коливається від 2,25% для квашеної капусти до 10% для оливок. Ферментація дає молочну кислоту як основний продукт. Сіль витягує з овочів рідину, яка є субстратом для зростання молочнокислих бактерій.

Сіль обмежує зростання небажаних мікроорганізмів, що викликають псування. Аеробні умови повинні підтримуватися під час ферментації, щоб дозволити природним мікроорганізмам зростати і виробляти достатню кількість молочної кислоти, а також запобігати росту мікроорганізмів, що викликають псування. Перед засолюванням оливки проходять спеціальну обробку: зелені оливки обробляють 1,25–2% розчином луґу (гідроксиду натрію), зазвичай при температурі 21–25 °С протягом 4–7 годин. Ця обробка необхідна для видалення гіркої смаку в оливках. У деяких країнах ферментацію огірків контролюють додаванням оцтової кислоти для запобігання росту мікроорганізмів, що викликають псування. Контрольована ферментація знижує економічні втрати і призводить до одноріднішого продукту за більш короткий період часу. При виробництві квашеної капусти застосовують *Leuconostoc mesenteroides*, що виробляють молочну кислоту, оцтову кислоту та CO₂, потім *Lb. plantarum*, що виробляють більше кислоти та знижують рН нижче 4,0, що дозволяє зберігати капусту протягом тривалого часу в анаеробних умовах.

Питання для самоконтролю

1. Ферменти, їх характеристика та використання у технології харчових продуктів.
2. Ферменти, що каталізують окиснювально-відновні реакції та їх вплив на харчові продукти.
3. Гідролітичні ферменти, технологічні фактори, що впливають на інтенсивність гідролітичних процесів.
4. Механізм дії амілолітичних, протеолітичних, ліполітичних ферментів під час виробництва харчових продуктів.
5. Застосування ферментних препаратів у харчових виробництвах.
6. Бродильні мікроорганізми та види бродіння.
7. Механізм молочнокислого бродіння, вплив технологічних факторів, використання бактеріальних заквасок.
8. Оцтовокисле бродіння та використання у виробництві оцту.
9. Спиртове бродіння та використання у харчових технологіях.
10. Мікробіологічні процеси, що відбуваються при зберіганні харчових продуктів.

Лекція 9.

ПАСТЕРИЗАЦІЯ ТА СТЕРИЛІЗАЦІЯ ЯК СПОСІБ КОНСЕРВУВАННЯ

Пастеризація є одним з найважливіших етапів консервації і має важливе значення для безпеки харчових продуктів. Вона значно покращує «безпеку» продукту, ефективно знищуючи практично всі хвороботворні бактерії.

Пастеризація - це процес термічної обробки для інактивації ферментів та знищення чутливих до тепла мікроорганізмів, що викликають псування харчових продуктів. Це так звана «м'яка термічна обробка» для запобігання мікробної та ферментативної псування, з мінімальними при цьому змінами органолептичних та поживних властивостей харчових продуктів. Використовується для продовження терміну придатності продуктів харчування, що зберігаються при низьких температурах, зазвичай 4°C, на кілька днів (молоко) або на кілька місяців (фрукти в банках). Здійснюється шляхом одноразового та нетривалого нагріву рідких харчових продуктів до температури нижче 100 °C.

Основною метою пастеризації є звільнення харчових продуктів від будь-яких мікроорганізмів, які можуть спричинити псування чи поставити під загрозу здоров'я споживача. Ступінь теплової обробки визначається переважно рН продукту. У продуктах з низькою кислотністю (рН>4,5) основною метою є знищення патогенних бактерій, тоді як при рН нижче 4,5 важливішим є знищення мікроорганізмів, що викликають псування, або інактивація ферментів. У таблиці показано різні умови пастеризації харчових продуктів. Пастеризацію соків потрібно проводити за такої температури і протягом такого часу, щоб дріжджі та плісняві гриби були знищені. Дріжджі вбиваються нагріванням до 60-65 °C, а стійкі суперечки плісняви, нагрівають до 80 °C протягом 20 хв. Більшість соків необхідно пастеризувати за температури 80°C. Соки з підвищеною кислотністю можна пастеризувати за нижчих температур 60–65°C.

Мета пастеризації різних продуктів

Харчові продукти	Основне призначення	Додаткове призначення	Мінімальні умови обробки
рН<4.5			
Фруктовий сік	Інактивація ферментів, дріжджів, грибків	Знищення мікроорганізмів псування	65°C протягом 30 хв; 77°C протягом 1 хв; 88°C протягом 15 с
Пиво	Знищення мікроорганізмів псування	—	65–68 °C 20 хв. 72–75 °C 1–4 хв. при 900–1000 кПа
рН>4.5			
Молоко	Знищення хвороботворних мікроорганізмів	Знищення мікроорганізмів псування та ферментів	63°C протягом 30 хв.; 71,5°C протягом 15 с
Рідке яйце	Знищення хвороботворних мікроорганізмів	Знищення мікроорганізмів псування	64,4°C 2,5 хв; 60°C 3,5 хв.
Морозиво	Знищення мікроорганізмів псування	Знищення хвороботворних мікроорганізмів	65°C протягом 30 хв; 71°C на 10 хв; 80°C на 15 с

Типи пастеризації

Існує кілька видів пастеризації:

1) пастеризація в упаковці: всередині упаковки нагрівання до рівня стерильності не потрібне.

2) пастеризація перед упаковкою: попереднє нагрівання гарне для продуктів, чутливих до високих температурних градієнтів.

3) пастеризація періодичної дії: низькотемпературний короткочасний процес. Тут рідкі продукти, такі як молоко, сік, знаходяться в резервуарі, обладнаному паровим змішувачем, де вони нагріваються до 62 °C протягом 30 хвилин.

4) безперервна пастеризація: високотемпературний короткочасний процес. Харчові продукти піддаються впливу температури 72°C протягом 15 с або більше, проходячи через різні теплообмінники. Теплоносієм зазвичай є пара або вода.

Ефект пастеризації може бути досягнутий за рахунок поєднання часу та температури, наприклад (i) нагрівання харчових продуктів до відносно низької температури та підтримки її протягом більш тривалого часу, або (ii) нагрівання харчових продуктів до високої температури та утримування її протягом короткого часу. Пастеризацію можна проводити двома способами: (i) шляхом заповнення стерильних контейнерів продуктом, а потім пастеризації; або (ii) шляхом спочатку пастеризації продукту, а потім заповнення стерильних контейнерів.

Устаткування для пастеризації

Пастеризація упакованих продуктів

Для упакованих харчових продуктів, таких як пиво, фруктові соки, застосовують обробку в тарі. Коли тара зроблена зі скла, зазвичай використовується обробка гарячою водою, щоб зменшити будь-які пошкодження, спричинені тепловим ударом. Пастеризатори з гарячою водою можуть працювати у періодичному чи безперервному режимі. Найпростіше порційне обладнання складається з водяної лазні, у якій ящики з упакованими продуктами нагріваються до заданої температури та витримуються протягом необхідного часу. Потім подається холодна вода для охолодження продукту. Безперервна версія складається з довгого жолоба, оснащеного конвеєрною стрічкою для переміщення контейнерів через етапи нагрівання та охолодження.

Для кислих харчових продуктів, які можна пастеризувати при температурі 100°C і нижче, а також для м'ясних нестерильних виробів одним з найпростіших методів нагрівання для пастеризації є **водяна баня**. Продукт упаковують у ящики або ставлять на стелажі та занурюють у ванну. Охолодження може здійснюватися у тому резервуарі, який використовується для нагрівання, або контейнери можуть бути переміщені з нагрівального резервуару в охолодний резервуар. Нагрів та охолодження можуть здійснюватися поетапно. Така процедура застосовується для обробки м'яса, солінь, яблучного пюре та інших продуктів.

Водяна лазня безперервної дії є удосконаленням періодичного режиму та використовується для пастеризації підприємствами, де потрібна висока продуктивність. Конвеєрна стрічка рухається через резервуар із обраною швидкістю, щоб забезпечити достатній час перебування у ванні для пастеризації. Резервуар зазвичай ділиться на секції, кожна з яких нагрівається та керується окремо. У пастеризаторах безперервної дії з водяною лазнею банки повинні спускатися похилою площиною в резервуар і підніматися похилою поверхнею при виході з резервуару. Оскільки транспортування скляних ємностей вгору або вниз пов'язане із значною небезпекою, на підприємствах, які займаються пастеризацією продуктів у скляній упаковці, використовуються розпилювачі води або парові пастеризатори.

Пастеризатор розпилення води безперервної дії широко використовується для пастеризації пива та соків. У установках цього типу пляшки чи банки переміщуються через пастеризатор за допомогою стрічкового конвеєра. Загальноприйнятою практикою є наявність до шістьох різних температурних зон або секцій пастеризатора для досягнення максимальної ефективності. Секції: перше попереднє нагрівання, друге попереднє нагрівання, зона пастеризації, попереднє охолодження, охолодження та зона остаточного охолодження. Установки розпилення води сконструйовані таким чином, що вода в першій зоні попереднього нагрівання є водою, яка стікає із попереднього охолодження. Таким чином, при цьому, значна кількість тепла використовується повторно, і потрібна менша кількість води, що охолоджує.

Скляна тара не повинна зазнавати надмірного «термічного удару», тому, при нагріванні продуктів у скляній тарі рекомендується, щоб різниця температур не перевищувала 20°C. При охолодженні гарячого продукту у скляній тарі температури критичніші; 10°C є бажаним максимумом, і за будь-яких умов зміна температури не повинна перевищувати 20°C. За рахунок використання секційного обладнання можливе високотемпературне нагрівання та низькотемпературне охолодження скляної тари з мінімальною кількістю поломок від «теплового удару».

Паровий пастеризатор це просто тунель, відкритий з обох кінців, з конвеєром внизу. Між кожною секцією підвішено тканинні перегородки. Розпилювачі гарячої води використовуються для нагрівання контейнерів, коли вони проходять через різні зони нагріву тунелю, і забезпечують поступове підвищення температури доти, доки не буде досягнуто пастеризації. Холодна вода, що розпорошується пізніше, охолоджує контейнери, поки вони продовжують рухатися тунелем. Парові тунелі мають переваги більш швидкого нагріву, більш короткого часу перебування та меншого розміру обладнання. Економія енергії та води досягається за рахунок рекуперації тепла від гарячих продуктів та оборотної води. Температуру в зоні нагріву поступово підвищують за рахунок зменшення кількості повітря в пароповітряних сумішах, а охолодження проводять за допомогою водяних струменів або зануренням у водяну баню.

Пастеризація невпакованих рідин

Метод пастеризації у чанах із тривалою витримкою, у якому використовуються теплообмінники бакового чи резервуарного типу. Тут сирий продукт перекачується в чан, нагрівається до температури пастеризації, витримується необхідний час і перекачується з чана через обладнання, що охолоджує. У більшості чанових пастеризаторів циркуляція теплоносія може бути запущена, щойно починається заповнення чана. Таким чином, під час наповнення відбувається деяке нагрівання продукту, що дозволяє скоротити час нагрівання.

Переваги

Чанові пастеризатори добре підходять для невеликих заводів та невеликих обсягів продукції при великих обсягах виробництва. Вони особливо добре підходять для обробки кисломолочних продуктів, таких як пахта та сметана, які, крім пастеризації та охолодження, вимагають перемішування для внесення закваски, витримки протягом кількох годин для інкубації, перемішування для руйнування згустку та остаточне охолодження в баку.

Недоліки

Є кілька недоліків, які слід зважати. Пастеризація в чанах зазвичай є періодичну операцію і за своєю природою є повільною, хоча потік можна зробити безперервним за рахунок використання трьох або більше чанів (залежно від часу заповнення, нагрівання, витримки та спорожнення). У переважній більшості серійних операцій використовується ручне керування, і оператор повинен приділяти постійну увагу запобіганню перегріву. Ще один недолік полягає в тому, що регенеративне нагрівання в чані неможливе, тому і нагрівання, і охолодження щодо дороги.

Невеликі обсяги періодичної пастеризації можна здійснювати у відкритих котлах для варіння, але для більшості рідких харчових продуктів використовуються ***поверхневі теплообмінники*** (наприклад, пластинчасті). Пластинчастий теплообмінник складається з низки тонких вертикальних пластин з нержавіючої сталі. Пластини утворюють паралельні канали, щільно скріплені металевим каркасом і розділені гумовими прокладками для забезпечення водонепроникності. Переваги теплообмінників у порівнянні з обробкою в пляшках включають (i) більш рівномірну термообробку; (ii) більш просте обладнання та нижчі витрати на технічне обслуговування; (iii) менші вимоги до площі та трудовитрати; v) більший контроль умов пастеризації.

Інші типи теплообмінників також використовуються для пастеризації. Зокрема, ***теплообмінник з концентричними трубками*** підходить для більш в'язких продуктів та використовується з молочними продуктами, майонезом, томатним кетчупом та дитячим харчуванням. Він складається з кількох концентричних змійовиків з нержавіючої сталі, кожен з яких виготовлений із труби з подвійними або потрійними стінками. По трубці проходить продукт, а по стінках труби циркулює вода для нагрівання та охолодження. Рідкі продукти передаються від одного змійовика до іншого для нагрівання та охолодження, а

тепло регенерується для зниження витрат на електроенергію. Пастеризовані продукти негайно поміщають у картонні коробки чи пляшки.

Високотемпературні короточасні пастеризатори являють собою системи з безперервним потоком, в яких використовуються трубчасті та пластинчасті, поверхні, що омиваються, прямою парою у поєднанні з синхронізуючим насосом, і регуляторами температури і швидкості потоку. Його також називають **флеш-пастеризатором**. Пастеризатори безперервної дії забезпечують рівномірну обробку всіх продуктів всього циклу. Пастеризатори використовують регенеративний нагрівання, тому набагато економічніше в експлуатації, ніж пастеризатори періодичної дії. При їх застосуванні необхідно враховувати вимоги до витрати, температури та тиску, оскільки саме вони визначають правильну роботу та безпеку для здоров'я. Пастеризатор безперервної дії повинен включати синхронізацію часу витримки та швидкості потоку. Контроль температури включає підтримку постійної температури продукту на певному заданому значенні.

Швидка пастеризація. Процес короточасного нагрівання фруктових соків при температурі вище за температуру пастеризації соку називається *швидкою пастеризацією*. У цьому методі сік швидко нагрівають під дією пари протягом приблизно 1 хвилини до температури всього на 5°C вище, ніж температура пастеризації, і розливають у контейнери, які закривають герметично для стерилізації, а потім охолоджують. Цей процес можна використовувати для апельсинового, яблучного, виноградного соку і т. д. Переваги цього процесу полягають у тому, що (i) він зводить до мінімуму втрату смаку, (ii) сприяє збереженню вітамінів, (iii) забезпечує економію з погляду часу і простору, (iv) допомагає зберігати сік однорідно каламутним, (v) рівномірно нагріває сік, і (vi) за допомогою цього процесу досягається корисна інактивація ферментів на додаток до знищення життєздатних мікроорганізмів.

Ультрависокотемпературні пастеризатори. Устаткування для ультрависокотемпературної пастеризації майже таке саме, як і для установок високотемпературної короточасної пастеризації. Елементи управління аналогічні, але робочі температури вищі. Час витримки, як правило, близько 3 с. Така обробка бажана через її руйнівну дію на бактерії.

Вакреація – особливий тип пастеризації, що використовується з високов'язкими матеріалами. Продукт подається в камеру з паровим обігрівом, де випаровується при температурі 90-96 °C під вакуумом. Потім він проходить до другої камери з більш високим вакуумом і охолоджується до температури 72-82°C. Далі охолоджується до температури 38–40°C. Цей процес дуже ефективний під час пастеризації, т.к. водночас видаляються небажані запахи та присмаки.

Якість пастеризованих продуктів

Пастеризація є відносно м'якою термічною обробкою, і навіть у поєднанні з іншими операціями (наприклад, опроміненням та охолодженням) поживні та органолептичні характеристики більшості харчових продуктів змінюються лише незначно. Однак термін придатності пастеризованих харчових продуктів

зазвичай збільшується лише на кілька днів або тижнів порівняно з кількома місяцями для жорсткіших методів теплової стерилізації.

Основною причиною погіршення кольору фруктових соків є ферментативне потемніння під дією поліфенолоксидази. Цьому сприяє присутність кисню, тому перед пастеризацією фруктові соки зазвичай *деаерують*. За рахунок деаерації втрати вітаміну С та каротину у фруктових соках зводяться до мінімуму.

Невелика втрата летких ароматичних сполук під час пастеризації соків призводить до незначного, але погіршення якості. Втрата летких речовин із сирого молока усуває запах сіна та створює більш м'який продукт. Зміни в молоці обмежуються 5% втратою білків сироватки і невеликими змінами у вмісті вітамінів. Більшість пастеризованих харчових продуктів мають низький рН або тому, що природний рН системи низький або продукт був ферментований для створення кислого середовища. Оскільки більшість термолабільних поживних речовин є відносно стабільними в кислих умовах, втрати поживних речовин у цих продуктах відносно невеликі.

Упаковка пастеризованих продуктів

Зазвичай використовують прийнятну для споживачів усього світу упаковку – пляшки та картонні коробки. Перевага скляних пляшок у тому, що їх легко мити, вони прозорі та тверді, але вони мають великий недолік у вигляді великої ваги та крихкості. Молоко все частіше пакують у коробки типу TetraPak. Незважаючи на те, що це обладнання є дорогим, переваги його установки включають нижчу ціну за одиницю молока і менший ризик забруднення з повітря під час розливу. Хоча скляні пляшки більше підходять для стерилізованого молока, вони є проблемою для «молока тривалого зберігання». Сонячне світло може зруйнувати рибофлавін та вітамін С у молоці, викликаючи присмак у результаті окислення жиру та білка. Це призвело до використання пляшок із коричневого скла, які затримують відповідні світлові промені. Однак коричневі пляшки виявилися не дуже привабливими і, до того ж, встановлено, що молоко швидше скисає у коричневих пляшках, ніж у безбарвних.

З економічних причин використання багаторазових скляних пляшок продовжується вже багато років. Але інші фактори, такі як транспортні витрати, призвели до використання неповоротного пакування.

Переваги неповоротної тари полягають у (i) усуненні поворотної тари, (ii) усуненні необхідності збирання, сортування та миття, (iii) усуненні проблеми сторонніх предметів, (iv) усуненні проблеми уламків скла та (v) зниження транспортних витрат.

Недоліками є (i) можливе збільшення вартості упаковки, (ii) неприйняття споживачами, (iii) проблеми з доставкою, (iv) проблеми з гігієною та (v) екологічні міркування.

Скляні пляшки

Традиційні скляні пляшки, що використовуються для фруктових соків і напоїв з фруктових соків, мають багато переваг. Скло не схильна до утворення

цвілі і непроникне для пахучих парів і рідин. Гарячий розлив та пастеризація у пляшках зазвичай використовуються для чистих фруктових соків або продуктів, що не містять консервантів. Гарячий розлив досягається шляхом пропускання рідкого продукту через теплообмінник та наступного розливу при температурі вище 70°C. Потім застосовується закриття. Будь-яке мікробіологічне забруднення на внутрішніх поверхнях флакона та закупорювання знищується гарячою рідиною.

ПЕТ-пляшки та інша пластикова тара

ПЕТ-пляшки витісняють пляшки для таких продуктів, як харчові олії та мінеральні газовані води. ПЕТ-пляшки стали легшими, ніж раніше, їх можна покрити зовні ПХВ (поліхлорвініл) для підвищення газопроникності. Поліетиленові та ПХВ-пляшки використовуються для кабачків та лікерів, але термін їх зберігання обмежений у порівнянні зі скляними. На відміну від скла, ПЕТ-пляшка з часом втрачає близько 15% вуглекислого газу протягом 4 місяців. Отже, ПЕТ краще для напоїв з високим вмістом вуглекислого газу великих пляшках, тоді як для нижчих рівнів газування і пляшок малого або середнього розміру краще використовувати інші матеріали. Також розробляють нові комбінації матеріалів у формі банок. Соса-Сола запатентувала ПЕТ/алюмінієву банку з верхом, що легко відкривається.

Банки

Фруктові соки та концентрати фруктових соків часто розливають у банках. Найбільш поширені стандартні ємності з білої жерсті, але також використовуються банки зі спеціальним лакуванням та покриттям, особливо для продуктів із високим вмістом кислоти. Банки зазвичай наповнюють гарячим способом. Іноді використовується холодний розлив після пастеризації, але в цьому випадку рекомендується зберігання в холодильнику або замороженому вигляді. Сік має тенденцію псуватися в банках через корозію та збільшення кількості олова та заліза в продукті. У звичайному процесі гарячого консервування сік спочатку деаерують для покращення стабільності смаку, а потім пастеризують для знищення мікроорганізмів та інактивації ферментів. Після гарячого розливу в банки кришки надягають і герметизуються безпосередньо перед охолодженням, що створює невеликий вакуум у вільному просторі. Це бажано, оскільки присутність кисню сприяє корозії. Прогрів наповнених банок безпосередньо перед упаковкою важливий, інакше банки при наповненні холодною газованою рідиною притягують до себе шар конденсату з атмосфери і можуть зазнати корозії зовні.

Картонні коробки

Пастеризовані фруктові соки та безалкогольні напої можна упаковувати в картонні коробки з поліетиленовим покриттям або пластикові контейнери. Ці продукти мають обмежений термін придатності для зберігання в холодильнику. Вибрані матеріали повинні поглинати смакові компоненти соку. Крім того, дифузія кислоти у пластиковий матеріал може призвести до розшаровування упаковки. Поліетилен є найпоширенішим матеріалом із поверхневим контактом і вважається хімічно стабільним для більшості харчових продуктів. Пакувальні

матеріали також повинні забезпечувати найкращий бар'єр для світла, що впливає на колір та харчову цінність фруктових соків. Фасування фруктових соків та інших напоїв у коробки типу TetraPak стало популярним, оскільки воно збільшує термін придатності продукту.

Консервованний продукт може тривалий час зберігатися без псування тільки в тому випадку, якщо в ньому повністю пригнічена життєдіяльність практично всіх мікроорганізмів, присутніх у продукті. Процес на продукт різними чинниками з метою знищення у ньому мікроорганізмів називається стерилізацією.

Стерилізація – це повне знищення всіх життєздатних організмів в/на харчовому продукті, що стерилізується. Стерилізація знищує дріжджі, плісняву, вегетативні бактерії та спороутворювачі та дозволяє довго зберігати продукти при температурі навколишнього середовища. Процедура стерилізації передбачає використання тепла, радіації, хімічну чи фізичну дію на клітини. Процес стерилізації складається із чотирьох окремих етапів. Спочатку виріб необхідно нагріти до температури 110-125 °С для забезпечення стерилізації. Потім, продукту потрібно кілька хвилин для врівноваження, так як поверхня буде гарячішою, ніж центральна частина, викликаючи температурний градієнт. Врівноваження дозволяє зменшити градієнт температури. Далі продукт повинен витримуватися при цій температурі протягом певного періоду, щоб забезпечити задане значення стерилізації. І нарешті, продукт необхідно охолоджувати переважно для того, щоб зупинити подальшу термічну обробку і уникнути перегрівання. Основними вимогами до технології стерилізації стосовно харчових продуктів є такі:

- Перероблений продукт не повинен мати мікроорганізми, здатні виробляти токсини, що викликають харчове отруєння, а також ті мікроорганізми, які можуть викликати псування харчових продуктів протягом терміну їх придатності.

- Деякі суперечки здатні рости в продуктах з низькою кислотністю ($pH < 4,6$) під час зберігання і, отже, продукти повинні піддаватися термообробці до температури не менше 122°C протягом 3 хвилин.

- Умови обробки повинні застосовуватися до точки продукту з найповільнішим нагріванням, яке називається «холодною точкою». Це дає впевненість у тому, що при стерилізації самої повільно нагрівається частини продукту шляхом впливу на неї необхідного температурно-часового профілю решта продукту буде стерилізована.

Практично повна стерилізація призводить до погіршення якості продукту та поживних речовин. Тому, на практиці, товарна стерильність визначається здатністю продукту за нормальних умов зберігання не псується і не становити небезпеки здоров'ю споживача, і при цьому зберігати органолептичні властивості та поживні речовини протягом терміну його зберігання.

Термічна обробка харчових продуктів для знешкодження патогенних мікроорганізмів практикується багато років. Кількість тепла, необхідного для стерилізації, залежить від способу нагрівання продукту та його фізичної

природи. Фактори, що залежать від процесу нагрівання, включають конструкцію технологічного обладнання, тип теплоносія, розмір та форму контейнера, склад та в'язкість продукту. Кінетика термічного руйнування мікроорганізмів у продукті залежить від низки факторів. Це: рН продукту, типи консервантів, активність води, склад продукту та тип мікроорганізмів. Збільшення часу обробки для повної стерилізації харчового продукту знижує вміст поживних речовин і збільшує витрати енергії.

Методи стерилізації харчових продуктів поділяються на дві категорії: стерилізація нагріванням (термічна обробка) та стерилізація без нагрівання (нетермічна обробка). Термічна обробка широко практикується, незважаючи на деякі проблеми, такі як те, що процес нагрівання може знизити поживну цінність або погіршити якість харчових продуктів і що він неефективний проти певних типів бактерій. Термічна обробка далі ділиться на дві категорії: стерилізація в контейнері (розфасовка) та асептична стерилізація (обробка). Принципи термічної стерилізації харчових продуктів залишаються однаковими обох методів.

Операція термічної обробки потребує нагрівання харчових продуктів. Для низькокислотного харчового продукту ($pH > 4,6$) його нагрівають до температури вище 100°C , зазвичай в діапазоні $115-130^{\circ}\text{C}$ протягом часу, достатнього для повного знищення мікроорганізмів (20-30 хв.). Однак поточна практика полягає в обробці більш високих температур і, отже, коротшим часом обробки для максимального збереження органолептичних властивостей і поживних речовин у продукті.

Харчова промисловість випускає різноманітні асортименти продукції в різноманітній тарі. Це потребує настільки ж широкого спектра методів обробки, конструкцій та робочих процедур.

Методи обробки контейнерів

Установки для обробки контейнерів (реторти) бувають двох типів: періодичної та безперервної дії. В установках періодичної дії реторту заповнюється продуктом, закривається, а потім проходить цикл обробки. У системах безперервної дії контейнери безперервно подаються в реторту та з неї. Реторти періодичної дії доступні в декількох конфігураціях для різних застосувань, включаючи статичні, ротаційні, парові та водяні реторти з надлишковим тиском або без повітря.

Методи нагрівання середовища

Теплоносій, що використовується в реторті: пара, пара/повітря, вода, пряме полум'я або киплячий шар.

Насичена пара. Теплота передається продукту, коли насичена пара конденсується зовні контейнера. Якщо всередині реторти є повітря, він утворює ізолюючу плівку навколо банок, яка перешкоджає конденсації пари та викликає недоробку продуктів. Тому важливо, щоб все повітря видалялося з реторти парою, що надходить, за допомогою вентиляції. Після стерилізації ємності охолоджують водою. Пара швидко конденсується в реторті, але продукти

остигають повільніше, тому, коли продукт охолоне до температури нижче 100°C, надлишковий тиск повітря знімається, і охолодження триває приблизно до 40°C.

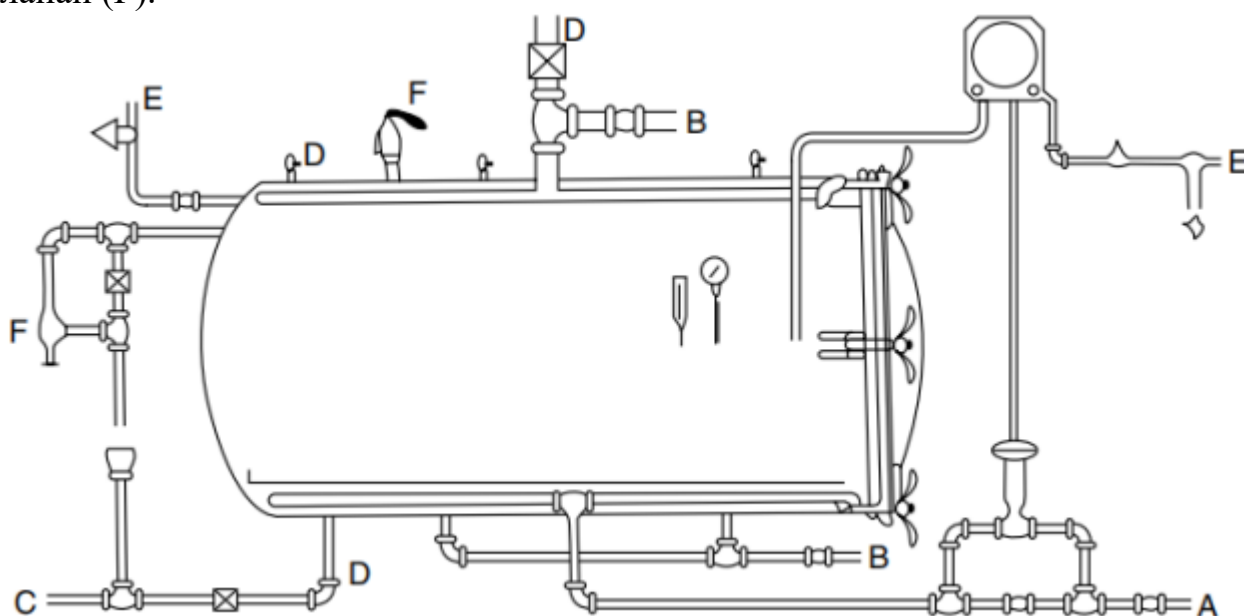
Гаряча вода. Продукти у скляній тарі чи пластикових пакетах обробляються гарячою водою з надлишковим тиском повітря. Скляні контейнери товщі, ніж металеві банки і мають нижчу теплопровідність, що призводить до більш повільного проникнення тепла і більш тривалого часу обробки, ніж для банок. Продукти в пакетах нагріваються швидше завдяки тонким стінкам. Це дозволяє економити енергію та викликає мінімальний перегрів.

Вогонь. Високі показники теплопередачі можливі за температури полум'я 1770°C. Короткий час обробки, що дозволяє отримувати продукти високої якості і знижує споживання енергії до 20% порівняно з традиційним консервуванням.

Технологічне обладнання

Доступні різні **реторти**, в яких як технологічне середовище використовується «чиста» пара, тобто пара без повітря. Парові реторти з контейнерами періодичної дії є вертикальними і горизонтальними дистиляційними апаратами. Парові реторти з безперервною обробкою контейнерів включають ротаційні стерилізатори безперервної дії та гідростатичні реторти.

Парові реторти періодичної дії зазвичай мають або вертикально, або горизонтально і використовують для консервів, які відразу після закатки укладають у кошики, а потім поміщають всередину корпусу реторти. Реторта виготовлена з посудини високого тиску з металевим корпусом, з вхідними отворами для пари (А), води (В) і повітря (Е), а також вихідними отворами для випуску (D) повітря і для зливу (С) з реторти в кінці циклу. Кишеня для термометра або зонда/датчика реєстрації температури та манометра розташована на бічній стінці судини. Для безпеки обладнання також передбачено запобіжний клапан (F).



Робочий цикл для цього типу реторти включає завантаження герметичних контейнерів в реторту, доведення реторти до температури близько 100°C, а потім проходження пари через ємність в атмосферу, щоб видалити все повітря з реторти (вентиляція) перед тим, як реторта доводиться до робочого тиску та температури обробки. По закінченні часу обробки пар відключають, а в реторту вводять суміш води, що охолоджує, і повітря для охолодження банок. Повітря потрібне для підтримки тиску в реторті після конденсації пари, що залишилася. Якщо цей тиск не підтримувати, контейнери можуть бути деформовані. Коли температура падає, тиск у реторті можна контролювати та поступово знижувати доти, доки не буде досягнуто атмосферного тиску, і можна дозволити воді текти через реторту, охолоджуючи банки до температури 40 °С, перш ніж вони будуть видалені з реторти. Банки витягують з реторти за цієї температури, оскільки це дозволяє поверхні банок швидко висихати з допомогою випаровування. Можна підвищити швидкість проникнення тепла шляхом перемішування банок у паровому середовищі реторти.

Водяна реторта. Ця система переважно використовується для обробки скляних банок. Холодна вода, що подається в систему, змішується з теплоносієм і нагрівається до необхідної температури в реторті перед подачею в камеру стерилізації через розпилювальний пристрій. Контейнери розташовані таким чином, щоб забезпечити гарний контакт між теплоносієм – гарячою водою та продуктом. Вкрай важливо, щоб відбувалося правильне розподілення води, інакше ємності будуть піддаватися нерівномірному нагріванню. Швидкість води у цих ретортах при проходженні через упаковки має важливе значення, оскільки вона впливатиме на швидкість теплопередачі до продукту.

Роторні стерилізатори безперервної дії.

Ці системи складаються щонайменше з одного нагрівального кожуха та одного охолоджуючого кожуха та розраховані на безперервну роботу з контейнерами зі швидкістю до 600 банок/хв. Контейнери із зварювача потрапляють у першу оболонку. Кожна оболонка має спіральну котушку зі сходами для утримання контейнерів. Коли котушка обертається, контейнери йдуть по спіралі через оболонку. Після того, як контейнер проходить по всій довжині корпусу, він переміщається в інший корпус, або виходить через випускний клапан.

Стерилізація полум'ям.

Інфрачервоне випромінювання як непряме джерело тепла також використовують у стерилізаторах. Газові пальники на 1100°C забезпечують джерело тепла для високотемпературного короткочасного ефекту. Банки розташовуються в безпосередній близькості (всього за кілька міліметрів) від пальників і знаходяться в постійному обертанні, при цьому перепад температур між стінками банки та її вмістом не перевищує 1°C, що дозволяє нагрівати банки без пошкоджень. Установки складаються із трьох секцій. Перший – паровий підігрівач, у якому банки нагріваються до температури близько 100°C. У другій секції банки проходять через серію відкритого вогню за температури 1100°C, створюваного газовими пальниками спеціальної конструкції. Далі банки

проходять через секцію витримки, де пальники з періодичним підігрівом протягом 4-5 хв. Далі – охолодження розпиленням.

Стерилізація у псевдозрідженому шарі.

Реторта з псевдозрідженим шаром є варильний котел, в якому в якості теплоносія використовуються пісок або керамічні гранули. Середовище підтримується гарячою та текучою за рахунок полум'я під нею та потоку повітря. Частинки поводяться так само, як кипляча рідина. Банки рухаються та зустрічають такий самий опір, ніби середовище являло собою густу рідину. Основною перевагою системи є контроль рівномірної температури. Процес є безперервним і одночасно можна стерилізувати кілька розмірів. Основними недоліками є можливість пригорання та знебарвлення поверхні банки.

Гаряча стерилізація. Гаряче повітря з температурою 150°C, з дуже високою швидкістю (приблизно 600 м/хв), використовується зменшення товщини нетурбулентного повітряного шару, що примикає до поверхні банки. Банки обертаються в осьовому напрямку для створення примусової конвекції всередині банки, що знижує ймовірність пригорання.

Порівняльний аналіз пастеризації та стерилізації

№ n/n	Характерні особливості	Пастеризація	Стерилізація
1.	Температурний режим	85...90 °С 1 хв 65 °С 25...30 хв	100...120 °С; на тривалість впливають: рН , вміст жиру, розмір продукту
2.	Стан мікрофлори	Інактивація ферментів, часткове знищення мікрофлори (крім спорових)	Повне знищення мікроорганізмів
3.	Режим зберігання	За низьких температур до 1 міс	За звичаних температур 1...2 роки
4.	Харчова цінність	Зберігається харчова цінність, але вміст вітамінів знижується	Знижується харчова цінність (гідроліз білків, вуглеводів, жирів, руйнування вітамінів)
5.	Продукти	Молоко, соки, пиво, варіння	Молочні, м'ясні, рибні, рослинні продукти

Питання для самоконтролю

1. Пастеризація як спосіб консервування.
2. Типи пастеризації.
3. Устаткування для пастеризації.
4. Упаковка пастеризованих продуктів.
5. Стерилізація та як спосіб консервування.
6. Типи стерилізації.
7. Устаткування для стерилізації.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ШЛЯХОМ ЗАМОРОЖУВАННЯ

Здатність холоду тривалий час зберігати їжу відома людині вже давно. Протягом багатьох століть лід використовувалася для продовження термінів придатності харчових продуктів, для охолодження вина, для приготування заморожених десертів та прохолодних напоїв. Перші промислові агрегати, що створюють штучне охолодження, з'явилися наприкінці 19 століття, а вже через сорок років використання холодильних установок для заморожування риби, м'яса, овочів та фруктів набуло промислового поширення.

Для зберігання харчових продуктів використовується два типи процесів - *охолодження та заморожування*. Продукт вважається охолодженим, коли його центрі температура становить від 0 до +4 °С, і замороженим – якщо нижче – 8 °С. Залежно від типу охолоджені продукти можуть зберігатися від декількох діб до декількох місяців, а заморожені мають більший термін зберігання, що досягає декількох років.

Охолодження

Процес охолодження харчових продуктів передбачає штучне зниження їхньої температури без перетворення води на лід. Як правило, його застосовують для тих продуктів, в яких продовжуються фізіологічні процеси, наприклад, дихання – у овочів та фруктів. При охолодженні їх температуру доводять до рівня, коли активність мікроорганізмів і ферментів мінімальна, а вода в тканинах не замерзає і кристалізується. Для більшості овочів та фруктів така температура лежить у межах +1°С - +2 °С, хоча деякі фрукти, зокрема апельсини, через свої фізіологічні особливості вимагають вищої температури – не нижче +4-5 °С. Картопля вимагає температур не нижче + 4 °С – за більш низьких температур у неї з'являється солодкуватий присмак, викликаний реакцією утворення цукрів з крохмалю.

Охолоджені продукти тваринного походження зберігаються при температурах, близьких до точки замерзання. Так, м'ясо зберігається за нормальної температури 0 °С, а риба - від +2 до -2 °С. Ковбаси та копченості рекомендується зберігати при температурі від +2 до +6 °С. Молокопродукти, зокрема сир, легко вбирають сторонні запахи, тому їх зберігають окремо, за температури від 0 до +4 °С. Кондитерські вироби потребують температурного режиму від +3 до +6 °С. Однак, вони швидко втрачають свої смакові якості, тому їх не рекомендується зберігати більше доби.

Для охолодження та подальшого зберігання продукти поміщаються у спеціальні камери або установки, де підтримується необхідний рівень температури та вологості. Існують камери інтенсивного охолодження, де за рахунок зниження температури та активної циркуляції повітря цей процес проходить швидше, і камери для зберігання охолоджених продуктів, що швидко псуються, з високою вологістю повітря – в межах 80-85%.

Тривалість охолодження різних харчових продуктів визначається цілою низкою факторів, насамперед їх теплопровідністю. Як правило, у більшості

продуктів вона невисока, тому охолодження відбувається довго – від кількох годин до кількох діб. Жири, що містяться в них, уповільнюють охолодження, оскільки теплопровідність жиру втричі менша, ніж у м'язової тканини. Важлива й товщина продукту – чим вона більша, тим повільніше станеться охолодження.

Циркуляція повітря, що примусово створюється вентиляторами в холодильних установках, не тільки прискорює цей процес, але й видаляє сторонні запахи та випаровування. Звичайно, при розміщенні різних харчових продуктів в одній холодильній камері слід дотримуватись правил товарного сусідства. Наприклад, не варто розміщувати в одному відділенні холодильної камери м'ясо та рибу, оскільки це негативно позначиться на їх смакових якостях. Кожна категорія продуктів потребує особливих умов зберігання, які дозволять зберегти її якість. Якісно охолоджений продукт легко можна визначити на вигляд – м'ясо повинно мати скоринку підсихання і пружну консистенцію. Правильно охолоджена яловичина та баранина мають специфічний запах та колір – яскраво- та темно-червоний. Свинина має блідо-рожевий колір.

Охолодження після первинної обробки

Охолодження – це не лише необхідна умова зберігання м'яса, а й важливий етап виробництва.

Після забою худоби м'ясо штучно охолоджується і проходить процес дозрівання – у тканинах відбуваються ферментативні біохімічні реакції, в результаті яких м'язова тканина розм'якшується, а її смак та аромат стають кращими. Тривалість процесу дозрівання м'яса залежить від температури зберігання. Якщо при 0⁰C яловичина дозріває за 8-10 діб, то за більш високих температур термін дозрівання скорочується до трьох-п'яти діб.

Після первинної обробки м'ясні туші поміщається в холодильні камери, де їх підвішують на гаках або, попередньо розділивши на частини, укладають на полиці. Процес охолодження м'яса триває близько 30 годин – поки температура в товщі м'яса не досягне +4⁰C. М'ясо птиці охолоджується трохи менше – протягом доби при температурі у холодильній камері від 0 до +1⁰C та природній циркуляції холодного повітря. Для охолодження та зберігання риби часто застосовується лід. Свіжа риба на підстилці з льоду на прилавках, що не мають системи охолодження, краще зберігається при температурі від -1 до +2⁰C.

Заморожування

Для тривалого холодного зберігання харчових продуктів застосовується заморожування. Зараз у замороженому вигляді реалізуються не тільки такі продукти, як морозиво, м'ясо, риба, морепродукти, овочеві асорті, а й досить велика кількість кулінарних продуктів, починаючи від кондитерських виробів, зокрема тортів, тістечок та бісквітів, та закінчуючи піцою. Споживання заморожених продуктів постійно зростає у всьому світі.

Заморожування передбачає зниження температури нижче точки замерзання соків харчових продуктів, так званої *кріоскопічної точки*. Майже вся рідина, що знаходиться в продукті, замерзає, тому припиняється діяльність мікрофлори та ферментів, і заморожені продукти можуть зберігатися тривалий час за умови підтримки стабільно низької температури. Кріоскопічна точка

визначається кількістю розчинних у клітинному соку речовин. Для м'яса вона лежить у межах від +0,6 до +1,2 °С, для молока становить +0,55 °С, у яєць - 0,5°С, риби - від - 0,6 до -2 °С.

Продукти заморожуються у морозильних камерах, де температура становить від -30 до -40°С. Для продуктів, які планується зберігати протягом нетривалого часу температура може бути на рівні -8 до -12°С. Тривале зберігання заморожених продуктів потребує температури не вище -18°С.

У холодильних установках не повинні виникати перепади температур – це може спричинити руйнування клітин заморожених харчових продуктів і, отже, знизити їхню якість.

Заморожування м'яса

Спеціального режиму заморозки потребує м'ясо. Оскільки до його складу входить волога, при тривалому заморожуванні у тканинах з'являються великі кристали води. При прискореному розморожуванні або дефростації тканина зневоднюється і м'ясо втрачає свої корисні якості. Щоб уникнути цього, необхідно послідовно піддавати м'ясо дії низьких температур протягом максимально короткого проміжку часу. Крижані кристали, що містяться в тканинах м'ясних продуктів, поступово переходять у рідкий стан. Не слід допускати повторне заморожування вже розморожених продуктів тваринного походження – при цьому губляться їх корисні властивості, і знижується якість.

Заморожене м'ясо може зберігатися до 1 року за температури -18°С і нижче. При короткостроковому зберіганні – до 8 місяців температура в холодильній камері повинна становити не вище від -12°С.

Шокова заморозка

Для того, щоб прискорити процес заморожування, використовують так звані камери «шокової» заморозки, де температура всередині продукту за короткий час – лише за кілька годин – може знизитися з +70 до -18°С. Як правило, найчастіше камери «шокової» заморозки застосовують для напівфабрикатів високого ступеня готовності та страв, що пройшли попередню термічну обробку. Це дає можливість розширити асортимент товарів, представлених у торговому залі, та підвищити загальний дохід.

Позитивний вплив заморожування на продукти

Продукти глибокого заморожування гарантують споживачеві харчову безпеку, оскільки вони, як правило, не мають у своєму складі консервантів та харчових добавок. Під впливом низьких температур знижуються втрати летких та екстрагованих речовин, тому продукти зберігають аромат та свіжість. У заморожених бланшованих овочах і фруктів зупиняється дія ферментів, що викликають знебарвлення і втрату запахів, тому зберігають основні поживні речовини, а термін їх зберігання збільшується. При температурі 0 °С пригнічується зростання більшості мікроорганізмів, при нижчій, від -5 до -10 °С - бактерій, а при -10 ... -15 °С - пліснявих грибків.

Заморожування покращує деякі властивості ряду харчових продуктів. Дослідження, проведені американськими вченими, показали, що глибоке охолодження продуктів та їхнє подальше відтавання скорочує в них вміст

холестерину та зменшує кількість калорій. Тому такі продукти особливо рекомендуються людям похилого віку, а також людям, які мають зайву вагу або страждають на серцево-судинні захворювання.

І, нарешті, у замороженому вигляді готується та споживається всіма улюблене морозиво та інші кондитерські вироби, зокрема різні десерти.

Несприятливі фактори при зберіганні охолоджених та заморожених продуктів

На якість продуктів та їх збереження може впливати цілий ряд несприятливих факторів, серед яких - перепади температур, висока або, навпаки, низька вологість. Крім того, неупаковані охолоджені продукти та страви чутливі до циркуляції повітря – вони «завітрюються», їх зовнішній шар висихає швидше, ніж у нерухомому холодному повітрі. Для запобігання завітрянню охолоджені м'ясо, рибу та готові страви рекомендується зберігати у камерах зі статичним охолодженням, без циркуляції повітря.

Система управління безпекою харчових продуктів НАССР вимагає, щоб температура зберігання продуктів у холодильних установках не перевищувала 4,4 °С. Якщо вона піднімається вище +5...7 °С, то такі продукти, як яловичина, свійський птах, баранина та морепродукти псуються протягом 18-24 годин.

Велике значення має і відносна вологість, тобто відношення фактичної кількості вологи в повітрі до максимально можливого її змісту, виражене у відсотках. Вона впливає і зовнішній вигляд самих товарів, і ступінь їх безпеки. Низька відносна вологість викликає знебарвлення, розтріскування та підсихання поверхні продуктів, а висока стимулює утворення конденсату, появу плісняви та розвиток бактерій.

Для більшості продуктів підходить вологість 80-85%, і лише свіжі овочі та фрукти є тут винятком – їм необхідна вологість до 95%. У більшості холодильних установок для них є окремі бункери, де циркуляція повітря обмежена, що дозволяє зберегти овочам та фруктам природну вологість та свіжість.

Що стосується морозильних камер, то у них середня величина відносної вологості досягає всього 30-35% - більша вологість неминуче викличе підвищення температури. Тому продукти, які поміщаються в морозильну камеру, повинні бути герметично упаковані – це допоможе уникнути «морозного опіку», що виникає при накопиченні на поверхні конденсованої вологи.

Заморожування змінює фізичний стан речовини, перетворюючи воду на лід шляхом видалення енергії та охолодження нижче температури замерзання. Зазвичай знижують температуру до рівня зберігання (-18°C).

Заморожування харчових продуктів уповільнює, але не зупиняє фізико-хімічні та біохімічні реакції, які визначають псування харчових продуктів. При зберіганні відбувається повільна прогресивна зміна органолептичних характеристик, яка деякий час не є критичною. Втрата якості заморожених продуктів залежить насамперед від температури зберігання, тривалості зберігання та процедури розморожування. Мікробне зростання повністю припиняється при температурі нижче -18 °С, а ферментативні зміни продовжуються, але набагато повільніше.

При повільному охолодженні зовнішніх клітинах повільно утворюється лід. Це призводить до пошкодження стін. Вода із клітин мігрує за рахунок осмотичного тиску. Ця вода не повертається до клітин при відтаванні через пошкодження клітинної стінки, наслідком чого є втрата вологи продуктом. Щоб зменшити пошкодження, зазвичай додають *кріопротектори*, такі як цукор, наприклад. Пошкодження клітини може викликати вивільнення ферментів, що призводить до різних ефектів, включаючи появу неприємного смаку. Цього можна уникнути за допомогою бланшування – теплової обробки перед заморожуванням, що денатурує ферменти. Важливо відзначити, що кисень практично повністю витісняється із кристалів льоду в міру їх утворення.

Загалом консервація заморожуванням далека від досконалості. Поліпшення якості продукції та зниження споживання енергії є основними проблемами, пов'язаними із процесом заморожування.

Підготовка до заморожування

Важливо розуміти, що успішна заморозка лише збереже якість, що спочатку властива харчовому продукту, і не покращить якісні характеристики; таким чином рівень якості до заморожування є основним фактором. Використання високоякісних вихідних матеріалів має важливе значення для отримання високоякісних заморожених продуктів. Рівень якості продукту, такого як свіжість, придатність сорту для заморожування, поживні речовини ґрунту для харчових продуктів рослинного походження, дієтичні фактори для харчових продуктів тваринного походження, методи збирання врожаю або забою, а також обробка, така як бланшування, варіння, охолодження та додавання антиоксиданти також мають важливе значення. Мікробіологічна якість до заморожування залишається основним фактором, що визначає якість після розморожування. Хоча заморожування може зменшити кількість патогенів, але дехто виживає.

Більшість овочів та деякі фрукти перед заморожуванням *бланшують*. Бланшування порушує проникність клітинних мембран, руйнує набряк клітин, видаляє міжклітинне повітря, заповнюючи ці простори водою, і встановлює суцільну рідку фазу. В результаті кристалізація льоду відбуватиметься рівномірно по всій матриці харчового продукту. Бланшування має інші переваги, воно впливає на текстуру, колір, смак і харчові якості, інактивує ферменти. Крім того, бланшування сприяє зменшенню деяких небажаних сполук, присутніх у деяких листових овочах, таких як нітрати та нітрити. При цьому, бланшування плодів у багатьох випадках може бути шкідливим, призводячи до (а) швидкого знебарвлення в результаті ферментативного потемніння, (б) втрати текстури, (в) утворення вареного смаку. Важливо, щоб охолодження проводилося незабаром після бланшування, особливо для продуктів, що підлягають заморожуванню.

Текстура є важливою якісною ознакою заморожених фруктів та овочів. Втрата щільності тканини, порушення клітинної мембрани та надмірна м'якість є основними наслідками, яких слід уникати. Низька температура та тривала попередня обробка корисні для покращення текстури заморожених овочів. Морква, прогріта протягом 30 хвилин при 60°C і заморожена зі швидкістю вище

5°C/хв (оптимальна швидкість) повинна уникнути як пошкодження клітин, так і надмірного розм'якшення. **Попереднє нагрівання** з наступним швидким заморожуванням ефективно для покращення надмірної м'якості та пошкодження клітин. Оптимальне попереднє нагрівання відбувалося протягом 30 хв при 60°C або 5 хв при 70°C, а оптимальне заморожування становило від 5°C до 50°C. Попередньо нагріта морква зберегла твердішу текстуру, ніж морква, бланширована в окропі. Процес швидкого заморожування призводить до кращої текстури, ніж повільна заморозка.

Все більша різноманітність продуктів, приготованих перед заморожуванням, стає популярною серед споживачів. До них відносяться паніровані та смажені, в'ялені та копчені продукти, а також продукти в маринадах чи бульйонах.

Часто продукти перед заморожуванням **занурюють** або **замочують** у різних розчинах. Частки яблука зазвичай обробляють шляхом замочування в 1% розчині солі видалення міжклітинного повітря. Фрукти також занурюють у розчини аскорбінової кислоти і цукру, щоб звести до мінімуму потемніння, або на короткий час бланшують, щоб інактивувати ферменти. Занурення у розчин поліфосфатів ефективно знижувало втрату води у м'ясі.

У багатьох випадках заморожений продукт захищається відповідним складом **глазурування**. Глазур діє при зберіганні як захисне покриття від зневоднення та окислення. Вона перешкоджає виходу вологи з продукту, і механічно запобігає контакту повітря з продуктом. Окислення можна звести до мінімуму, якщо глазур містить відповідний антиоксидант. Більш того, обробка глазур'ю може бути дешевшою альтернативою дорогим системам упаковки для риби, що зберігається при температурі 20°C. Такі глазурі включають розчини неорганічних солей фосфату натрію, карбонату натрію, лактату кальцію, розчин альгінату, антиоксиданти (такі як аскорбінова та лимонна кислоти, глутамінова кислота та глутамат натрію) та інші.

Часткове видалення води **осмотичною обробкою** (сушінням) до заморожування визнано корисним зменшення ушкодження клітин фруктів і овочів, що обумовлює м'якість після відтавання. Відомо, що осмотична дегідратація покращує якість продукту з погляду кольору, смаку та текстури. У виробництві заморожених продуктів для заморожування використовуються високі рівні витрат енергії, оскільки свіжі продукти містять велику кількість води. Значну частину цієї енергії можна було зберегти, якби рослинні матеріали концентрувалися перед заморожуванням. Зменшення вмісту вологи у продуктах харчування зменшує холодильне навантаження під час заморожування. Також, часткова концентрація фруктів та овочів перед заморожуванням дозволяє заощадити на упаковці та витратах на розповсюдження.

М'ясо риби схильне до денатурації при заморожуванні, що знижує здатність до гелеутворення, водоутримуючу здатність і розчинність білка. Для захисту міофібрилярних білків риб від денатурації при заморожуванні та зберіганні в замороженому стані зазвичай додають **кріопротектори**. Відомо, що полідекстроза, сахароза та сорбіт захищають від денатурації. Вони дешеві,

безпечні, мають гарну розчинність і корисні функціональні ефекти. Сахарозу зазвичай комбінують із сорбітом, щоб зменшити насолоду. Кріопротекторний ефект цукру посилюється при додаванні поліфосфату. Полідекстроза виявилася ефективним кріопротектором для яловичини. Спільна присутність сорбіту, сахарози та триполіфосфату відновлювала більшість функціональних властивостей заморожених продуктів.

Опромінення високими дозами також може призвести до зміни хімічного складу та смаку риби та морепродуктів. Комбінація опромінення та заморожування використовується як засіб уповільнення псування харчових продуктів. Як повідомлялося, деякі європейські країни опромінювали заморожені морепродукти з Азії для знищення мікробних патогенів, таких як сальмонела.

Відтавання як завершальний та обов'язковий етап процесу заморожування дуже важливий. Правильне розморожування потрібне для максимального збереження якості та безпеки заморожених продуктів. Мікробіологічно безпечний процес розморожування відбувається: (а) у холодильнику при температурі нижче 5°C, (б) у мікрохвильовій печі або (в) як частина кулінарної обробки. Хоча термічна обробка в мікрохвильовій печі та при приготуванні їжі забезпечує краще знищення мікробів у порівнянні з розморожуванням в холодильнику, але органолептичні показники (смак, колір, запах) при цьому погіршуються.

Методи заморожування

Для продуктів харчування доступні різні типи заморозки. Жодна система заморозки не може повністю задовольнити всі потреби через велику різноманітність харчових продуктів та їх технологічних характеристик. Критеріями вибору методу заморожування є тип продукту, економічність, легкість очищення, гігієнічність конструкції та бажана якість продукту. У харчовій промисловості найбільш поширеними методами є контакт з охолоджувальною поверхнею, занурення, продування повітрям, псевдозріджений шар та кріогенна заморозка.

Заморожування при контакті з твердим охолодженим тілом. У цьому методі продукт міститься між металевими пластинами морозильної камери із застосуванням тиску для хорошого контакту.

Заморожування при контакті з рідиною, що охолоджується (заморожування зануренням). У цьому методі продукт занурюють у низькотемпературний розчин швидкого зниження температури за рахунок прямого теплообміну. Зазвичай використовуювані рідини є розчини солей (хлориду натрію), розчини цукрів, розчини гліколю і гліцерину, і навіть спиртові розчини. Розчинені речовини, що використовуються, повинні бути безпечними для здоров'я, смаку, кольору та аромату продукту, а продукт повинен бути більш щільним, ніж рідини. Щоб продукти не стикалися з рідкими холодоагентами, можна використовувати гнучкі мембрани, що повністю закривають продукти та забезпечують швидку теплопередачу.

Заморожування під час контакту з охолодженим газом.

У цьому методі холодне повітря циркулює у шафі, де продукт міститься на лоток. Волога, що збирається з поверхні продукту, може осідати на охолоджуючих змійовиках у вигляді інею, який діє як ізоляція. Обдув повітрям зі швидкістю не менше 5 м/с забезпечує високу швидкість теплопередачі.

Заморожування повітряним потоком. У цьому методі температура продукту знижується за допомогою холодного повітря, що проходить із відносно високою швидкістю (від 2,5 до 5 м/с) через продукт. Залежно від того, як повітря взаємодіє з продуктом, розрізняють: тунельне, стрічкове заморожування та заморожування у псевдозрідженому шарі.

Заморожування у псевдозрідженому шарі. Морозильна камера з псевдозрідженим шаром складається з шару з перфорованим дном, через яке повітря охолоджене продувається вертикально вгору. Цей метод заморожування підходить для харчових продуктів з невеликими частинками однакового розміру, наприклад, горох, нарізані кубиками морква та картопля, кукурудза та ягоди.

Стрічка заморожування. Перші механізовані морозильники зі струменевим обдуванням склалися з стрічкового конвеєра з дротяною сіткою в камері струминної обробки продукту безперервним потоком холодного повітря. Сучасною конструкцією є двоступінчастий стрічковий морозильник. Зазвичай використовуються температури від -4°C до -10°C секції попереднього охолодження і від -32°C до -40°C секції заморозки.

Спіральне заморожування. Спіральний стрічковий морозильник складається з довгої стрічки, циліндрично обгорнутої в два яруси, що вимагає мінімальної площі підлоги. У спіральному морозильнику використовується конвеєрна стрічка. Вона підходить для продуктів із тривалим часом заморожування (зазвичай від 10 хвилин до 3 годин) та для продуктів, які потребують обережного поводження під час заморожування.

Тунельна заморозка. У цьому процесі продукти розміщуються на лотках або стелажих у довгому тунелі, і над продуктом циркулює холодне повітря.

Кріогенна заморозка.

При кріогенному заморожуванні зріджені гази знаходяться у безпосередньому контакті з харчовими продуктами. Харчові продукти зазнають впливу атмосфери при температурі нижче -60°C за допомогою прямого контакту з рідким азотом або рідким діоксидом вуглецю або їх парами. Це дуже швидкий метод заморожування. Він сумісний із різними типами харчових продуктів. Швидке утворення дрібних кристалів льоду значно знижує збитки, спричинені розривом клітин, зберігаючи при цьому колір, текстуру, смак та харчову цінність. Швидке заморожування також знижує втрату ваги продуктів за рахунок випаровування, забезпечує високу продуктивність продукту та потребує мало місця. Кріогенні гази також можуть застосовуватися для утворення твердої замороженої кірки на м'якому продукті, що спрощує його упаковку та подальшу обробку. Переваги рідкого азоту в тому, що він безбарвний, не має запаху, хімічно інертний і вирує при $-195,8^{\circ}\text{C}$. Зазвичай він використовується для дорогих продуктів через високі капітальні витрати на стиск газу. Продукт може

піддаватися впливу кріогенного середовища трьома способами: (а) кріогенна рідина розпорошується безпосередньо на продукт у тунельному морозильнику; або (с) продукт занурюють у кріогенну рідину в морозильнику.

Принцип роботи холодильного обладнання

Принцип роботи холодильного обладнання ґрунтується на другому початку термодинаміки. Складається таке обладнання з компресора, випарника, конденсатора, холодоагенту та терморегулюючого вентиля. Сам пристрій діє так, що компресор дає необхідну різницю в тисках, випарник - забирає тепло з об'єму холодильника, а конденсатор замість цього виділяє тепло в середовище оточення. Терморегулюючий вентиль дроселює холодоагент, який у свою чергу переносить тепло до конденсатора.

Суть принципу роботи холодильного обладнання починається з того, що робота компресора повинна бути якісною, оскільки він слухає холодоагент, який на той момент має вигляд пари, поступово його стискає і проштовхує в конденсатор. За такий короткий час йде підвищення температури холодоагенту. Таким чином, під високим тиском холодоагент в конденсаторі перетворюється на стан рідини, виділяє при цьому тепло, а далі під низьким тиском закипає і стає газоподібним.

Принцип дії холодильного обладнання полягають у найпростішому циклі, що повторюється:

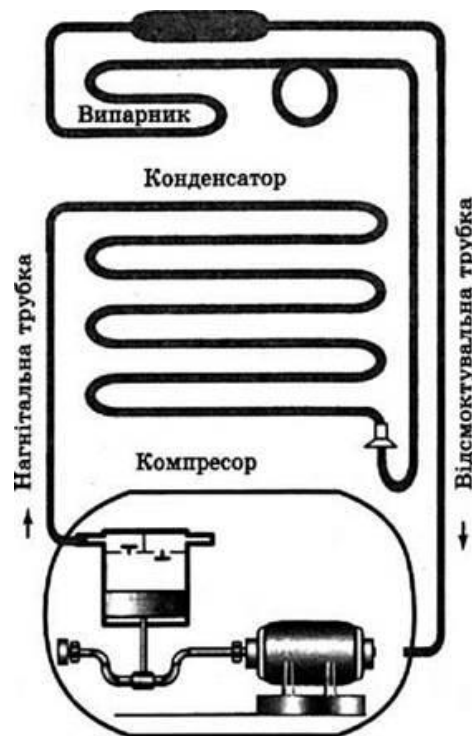
В обсязі для охолодження встановлюють випарник, в якому відбувається кипіння холодоагенту в рідкому стані за рахунок теплоти із навколишнього середовища.

Далі через паровий фільтр теплообмінник проходять пари холодоагенту, які після цього надходять у компресор, потім у конденсатор, при цьому підвищуються тиск та температура.

Потім йде їх перетворення на рідину (конденсат).

Хладагент збирається в ресивері і надходить у рідинний фільтр під тиском і далі теплообмінник.

Чистий холодоагент проходить через маленький отвір для дроселювання, потім надходить після зниження температури у випарник.



Питання для самоконтролю

1. Охолодження, як спосіб зберігання харчових продуктів.
2. Заморожування харчових продуктів.
3. Підготовка до заморожування. Роль кріопротекторів.
4. Методи заморожування харчових продуктів.
5. Кріогенна заморозка харчових продуктів.
6. Принцип роботи холодильного обладнання.

СУШІННЯ ЯК МЕТОД КОНСЕРВУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Передісторія сушіння

Збереження харчових продуктів шляхом сушіння - перевіреним часом і найпоширенішим методом, який використовується як звичайними людьми, так і в харчовій промисловості. Ідея зневоднення їжі - одне з найважливіших досягнень в історії людства, що зробило людей менш залежними від необхідності щоденного постачання їжі. У давнину сушка залежала тільки від сонця, зараз для зневоднення харчових продуктів використовується безліч видів складного обладнання та різних методів. За останні кілька десятиліть були зроблені значні зусилля для розуміння процесів, що відбуваються при зневодненні продуктів, і розроблені різні методи сушіння, що запобігають небажаним втратам якості харчових продуктів.

Всі харчові продукти можна розділити на три широкі групи в залежності від доданої вартості, яку можна отримати в результаті обробки шляхом сушіння. У разі зернових, бобових та коренеплодів додана вартість на кілограм переробленої продукції дуже мала. Найбільше цінності на одиницю маси дають такі продукти, як овочі, фрукти, риба; і значно більше – такі продукти, як спеції, лікарські рослини, горіхи; біоактивні матеріали

Сушіння знижує активність води, і тим самим зберігає продукти, запобігаючи зростанню мікробів та хімічних реакцій, що призводять до погіршення якості. Вплив тепла на мікроорганізми та активність ферментів також важливі при сушінні харчових продуктів. Шляхом сушіння, можна максимізувати інактивіацію мікроорганізмів та ферментів для запобігання псуванню та підвищенню безпеки, а також зменшити кількість компонентів, відповідальних за псування продуктів.

Стан води у харчових продуктах

Терміни «*висушений*» та «*зневоднений*» не є синонімами. Зневоднені продукти ті, що містять не більше 2,5% води (у сухому стані), а термін «сушені продукти» застосовується до будь-якого харчового продукту, що містить понад 2,5% води. Продукт, який не містить води, називається абсолютно сухим. Вода існує у харчових продуктах у різних формах чи станах. У харчових продуктах вода, яка має властивості, відмінні від властивостей чистої води, називається пов'язаною водою. Поняття вільної та зв'язаної води було введено саме для сушіння. У літературі визначено різні форми зв'язаної води, наприклад, незамерзаюча, нерухома, моношарова, нерозчинна та ін. Енергія зв'язку різних станів зв'язаної води впливає на процес сушіння, оскільки для видалення зв'язаної води потрібно більше енергії, ніж для вільної води.

Зазвичай при сушінні м'ясо, риба та молочні продукти зневоднюються до вмісту вологи 3% і менше, рослинні продукти до 5%, а зернові продукти до 12%.

Способи нагріву при сушінні

Нагрівання повітря за допомогою електричного нагрівача або димових газів є традиційним методом нагрівання, що використовується для сушіння харчових продуктів. При цьому передача тепла газу до продукту відбувається в основному за рахунок конвекції. Метод нагрівання є одним із важливих аспектів сушіння як з точки зору якості, так і з точки зору енерговитрат. Використовують мікрохвилі, інфрачервоне випромінювання, радіочастотне та діелектричне нагрівання як форму енергії, яка взаємодіє з матеріалами, виділяючи при цьому тепло і збільшуючи швидкість сушіння. Енергія може подаватися в імпульсному чи безперервному режимі; імпульсна мікрохвильова сушіння ефективніша, ніж безперервна сушіння.

Так, наприклад, мікрохвильовий нагрівання є найбільш швидким і рівномірним у разі рідин і є енергоефективнішим, ніж традиційний метод гарячого повітря. А застосування мікрохвильової енергії у вакуумі дає переваги як перед вакуумним сушінням, так і перед мікрохвильовим сушінням, т.к. забезпечує підвищену енергоефективність та якість продукції.

Залежно від методу видалення води, що застосовується, процеси сушіння можна розділити на (а) *термічну сушку*, (б) *осмотичну* та (в) *механічну*. При термічному сушінні для видалення води з матеріалу використовується газоподібне середовище або вакуум. Термічне сушіння можна розділити на три типи: (а) сушіння на повітрі, (б) сушіння в середовищі з низьким вмістом повітря і (в) сушіння в модифікованій атмосфері. При осмотичній сушінні для видалення води застосовується особливий розчин, тоді як при механічному зневодненні використовується фізична сила. Перед вибором процесу сушіння слід враховувати безліч факторів: (а) тип продукту, який необхідно висушити; (б) бажані властивості готового продукту; (в) допустима температура; (г) сприйнятливості продукту до тепла; (д) необхідна попередня обробка;) витрати на переробку та ж) екологічні фактори. Не існує жодної найкращої техніки сушіння, яка застосовується до всіх продуктів.

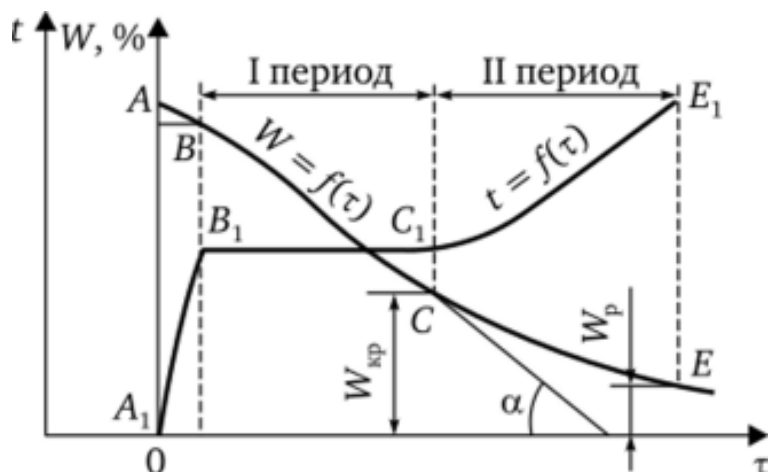
Крива сушіння

Крива сушіння зазвичай відображає швидкість сушіння залежно від часу сушіння або вмісту вологи. На кривій сушіння можна спостерігати три основні етапи сушіння (рис.):

1. Перехідний початковий етап, під час якого продукт нагрівається (перехідний період)

2. Постійний або перший період, коли волога порівняно легко видаляється (період постійної швидкості).

3. Другий період, коли волога зв'язується або утримується у твердій матриці (період падіння швидкості).



Вологість, коли він відбувається перехід від першого до другого періоду, називається **критичної вологістю**. Як правило, спостерігаються два періоди падіння швидкості сушіння. Перший період залежить від зовнішнього масопереносу; другий період, протягом якого сушіння відбувається значно повільніше, залежить від внутрішнього масообміну.

Енергетичний аспект сушіння

Сушка – один із найенергоємніших процесів у харчовій промисловості. Тому є підвищений попит на енергоефективні процеси сушіння. Так, підвищення енергоефективності лише на 1% може призвести до збільшення прибутку на 10%.

Теплові втрати при сушінні можна розділити на теплові втрати з відпрацьованим повітрям, теплові втрати з продуктом, втрати самої сушарки, і теплові втрати через пересушування продуктів. Таким чином, змінивши конструкцію сушарки, можна уникнути втрат енергії і досягти вищої якості продукції. Енергію можна заощадити за рахунок (а) скорочення часу сушіння або збільшення продуктивності, (б) запобігання втратам тепла та (в) рекуперації тепла від гріючих газів. Потенціал енергозбереження за рахунок конструкції та зміни режиму сушіння значний.

Сушильні установки класифікуються за різними ознаками:

- I. За конструктивними ознаками (барабанні, коридорні, шахтні, стрічкові, камерні, розпилювальні);
- II. У напрямку руху сушильного агента (потоківі, протиточні, з перехресним потоком);
- III. Улаштування циркуляції сушильного агента (природна, штучна);
- IV. по організації сушильного процесу (нормальний, з підігрівом у сушильній камері, з проміжним підігрівом, з поверненням відпрацьованого сушильного агента);
- V. За рівнем тиску в зоні сушіння (атмосферні, вакуумні, з глибоким вакуумом);
- VI. За родом сушильного агента (повітря, газу, перегріта пара);
- VII. По агрегатному стану продукту, що висушується (тверде, рідке, пастоподібне, піноподібне);
- VIII. За способом підведення тепла (конвективні, кондуктивні, радіаційні, високочастотні);
- IX. За режимом роботи (безперервні та періодичної дії).

Найпоширенішими **способами сушіння** є:

- природне сушіння;
- конвективне сушіння (волога видаляється разом із сушильним агентом, що проходить через продукт);
- розпилювальне сушіння (дрібні краплі продукту сушаться в газовому середовищі);
- вальцеве сушіння (в'язкі продукти сушать на металевих поверхнях);
- сушіння вспіненого продукту;

- вакуумне сушіння;
- експлозійне (вибухова) сушіння;
- сушіння сипучих продуктів у киплячому шарі;
- аерофонтанна сушка;
- радіаційне сушіння (продукт нагрівають інфрачервоним випромінюванням);
- сушіння ТВЧ (сушіння продукту здійснюється нагріванням у полі струмів високої частоти);
- мікрохвильова сушіння.

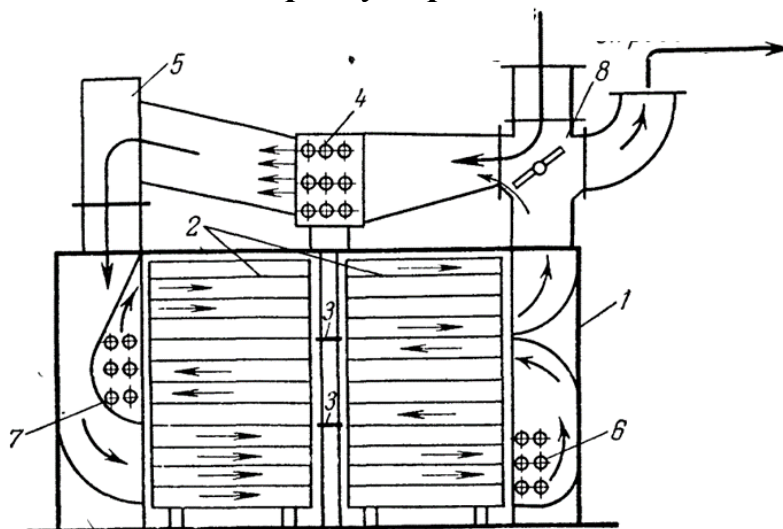
Сушіння на сонці (природне сушіння)

Природне сушіння харчової сировини використовується за сприятливих кліматичних умов. Здійснюється вона простим розкладанням продукту на стелажах, щитах чи сітках. Сушіння проходить на відкритому повітрі. У цьому процесі продукти піддаються прямому впливу сонця. Сушіння на сонці - найдешевший спосіб сушіння продуктів. Вона є екологічно чистим процесом та використовує відновлювану енергію. Сонячна енергія є безкоштовним джерелом енергії, яке може бути монополізований. Однак сонячне сушіння має ряд недоліків, які обмежують її використання у великомасштабному виробництві. Основними недоліками цього типу сушіння є (i) забруднення з навколишнього середовища, (ii) втрати продукту та забруднення комахами та птахами, (iii) займана площа, (iv) труднощі в управлінні процесом та (v) погана якість, запах. В даний час в літературі є багато варіантів проектування, щоб уникнути або зменшити вищезазначені труднощі. Наприклад, відкриті багатоярусні сушарки з повітряним конвекційним потоком, створюваним вентилятором, що працює від сонячної батареї.

Конвекційне сушіння

Це найпростіший метод сушіння, який відбувається в закритій камері, що опалюється. Сушильний агент, гаряче повітря зі швидкістю від 1 до 5 м/с проходить над продуктом, поміщеним у відкриті лотки. Конвекційне сушіння часто є безперервним процесом і в основному використовується для продуктів із відносно низькою вартістю. Факторами, що впливають швидкість сушки, є температура, вологість, швидкість і характер розподілу повітря, геометрія і характеристики продукту, і навіть його товщина. Зразок зазвичай укладають на сітчасті лотки в один шар або насип на подушку або підвішують на мотузці для кращої циркуляції повітря над продуктом. Циркуляція повітря може бути горизонтальною або вертикальною по відношенню до шару продукту. Структура та склад продукту, наприклад вміст жиру, впливають на швидкість сушіння. Загалом, що вище температура і швидкість повітря, то вище швидкість висихання; що нижча вологість повітря, то вище швидкість сушіння. У багатьох випадках використовують дво- або багатоступінчасту сушку з різними умовами, наприклад, початкову сушку при 90°C, а потім другу або кінцеву стадію при 60°C.

Типи сушильних камер (або сушарок) Камерні сушарки

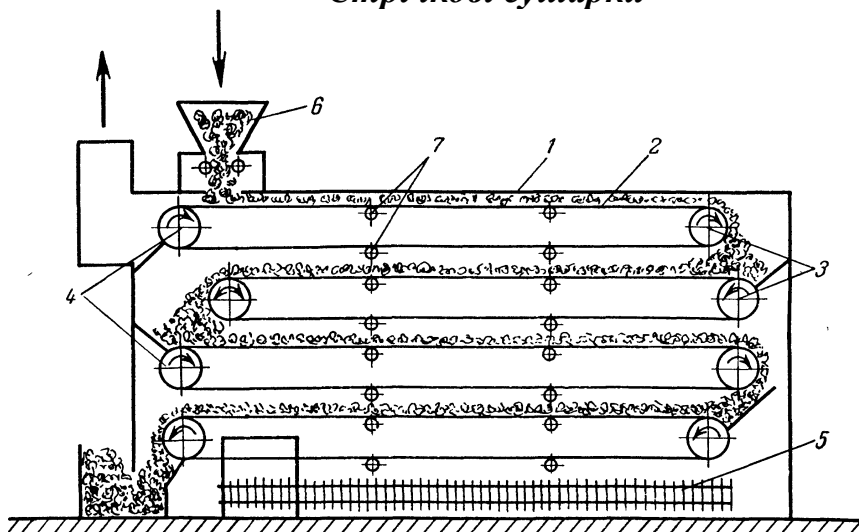


Матеріал сушиться на лотках, встановлених у стелажах або вагонетках, що знаходяться – всередині сушильної камери 1. На каркасі камери між вагонетками 2 встановлені козирки 3, які ділять простір камери на три розташовані один над одним зони, вздовж яких послідовно рухається сушильний агент. Свіже повітря, нагріте у зовнішньому калорифері 4, засмоктується вентилятором 5 і подається вниз камери сушарки. Тут він рухається, двічі змінюючи напрямок і двічі нагріваючись у проміжних калориферах 6 і 7. Частина відпрацьованого повітря з допомогою шибера 8 прямує на рециркуляцію, тобто. змішання зі свіжим. В результаті цього забезпечується низька температура та м'якші умови сушіння.

Недоліками сушарки є:

- 1) низька продуктивність і більша тривалість сушіння через те, що сушіння відбувається в нерухомому товстому шарі;
- 2) сушіння нерівномірне через нерівномірність температур у камері, що виникає через частковий прохід повітря в вищерозташовані зони через зазори;
- 3) обслуговування сушарок потребує великих витрат ручної праці.

Стрічкові сушарки

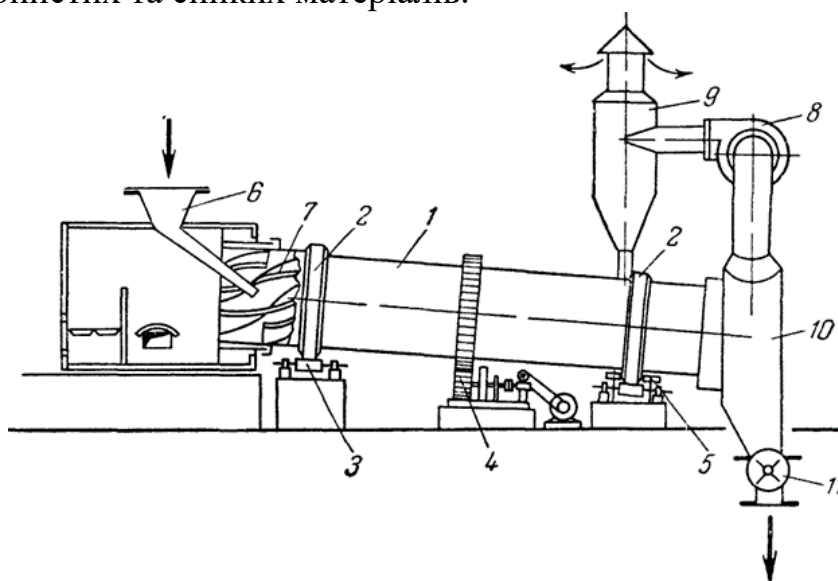


Сушіння матеріалу проводиться безперервно при атмосферному тиску. У камері 1 сушарки шар матеріалу, що висушується, рухається по нескінченній стрічці 2, натягнутій між провідним 3 і веденим 4 барабанами. Вологий матеріал подається на один кінець стрічки, а підсушений видаляється з іншого кінця. Сушіння здійснюється гарячим повітрям або топковими газами, які рухаються протитечією або перехресним струмом до напрямку руху матеріалу.

Недоліки: 1) сушарки громіздкі; 2) складні в обслуговуванні через перекося та розтягування стрічок; 3) низька питома продуктивність; 4) високі питомі витрати тепла; 5) сушарки непридатні для сушіння пастоподібних матеріалів.

Барабанні сушарки

Застосовують широко для безперервного сушіння при атмосферному тиску кускових, зернистих та сипких матеріалів.

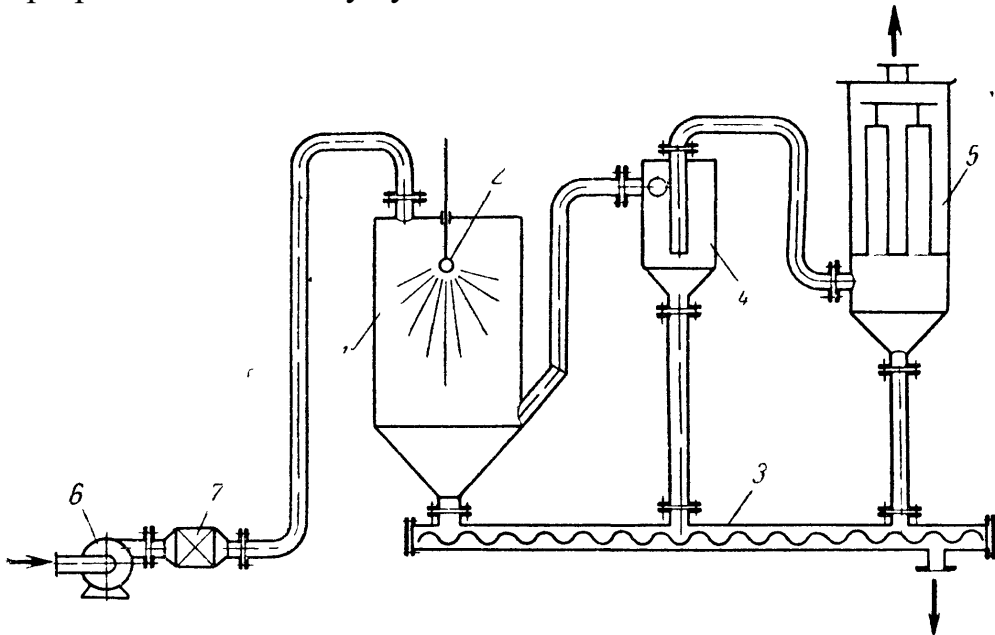


Барабанна сушарка має циліндричний барабан 1, встановлений з невеликим ухилом до горизонту ($1/15 - 1/50$) і спирається за допомогою бандажів 2 на ролики 3. Барабан приводиться в обертання електродвигуном через зубчасту передачу 4 і редуктор. Число обертів барабана зазвичай не перевищує 5 - 8 об/хв. Положення його в осьовому напрямку фіксується завзятими роликками 5. Матеріал подається в барабан живильником 6, попередньо підсушується, перемішуючи лопатями 7 приймально-гвинтової насадки, а потім надходить на внутрішню насадку, розташовану вздовж майже всі довжини барабана. Насадка забезпечує рівномірне розподілення і хороше перемішування матеріалу по перерізу барабана, а також його тісний зіткнення при пересипанні з сушильним агентом - топковими газами. Гази і матеріал найчастіше рухаються прямым струмом. Що допомагає уникнути перегріву матеріалу, т.к. у цьому випадку найбільш гарячі гази стикаються з матеріалом, що має найбільшу вологість. Щоб уникнути посиленого винесення пилу з газами, останні просмоктовуються через барабан вентилятором 8 із середньою швидкістю, що не перевищує 2 - 3 м/с. Перед викидом в атмосферу відпрацьовані гази очищаються від пилу в циклоні 9. На кінцях барабана часто встановлюють ущільнювальні пристрої (наприклад, лабіринтні), що утруднюють витік сушильного агента.

Розпилювальне сушіння

Розпилювальне сушіння використовується для видалення води з рідкої суміші, перетворюючи її таким на порошкоподібну форму. Рідина, яку необхідно висушити, спочатку розпорошують, прокачуючи її через форсунку або роторний розпилювач, у результаті утворюються маленькі краплі з великою площею поверхні. Краплі вступають у контакт із гарячим осушуючим газом, зазвичай повітрям. Рідина дуже швидко випаровується, що зводить до мінімуму час контакту та теплове пошкодження. Це дозволяє інтенсивно підводити тепло до продукту сушіння. В результаті цей процес займає дуже мало часу - від 1 до 10 с. У цьому методі сушіння теплопередача здійснюється переважно рахунок конвекції чи радіації (інфрачервоне випромінювання). Часто ці два способи використовують спільно.

Недоліки: дуже великий розмір обладнання, необхідного для сушіння, маслянисті матеріали вимагають спеціальної підготовки для видалення надмірного рівня жиру перед розпорошенням. Можна використовувати в камері ультразвук замість складного розпилення для одержання крапель малого діаметра при розпилювальному сушінні.



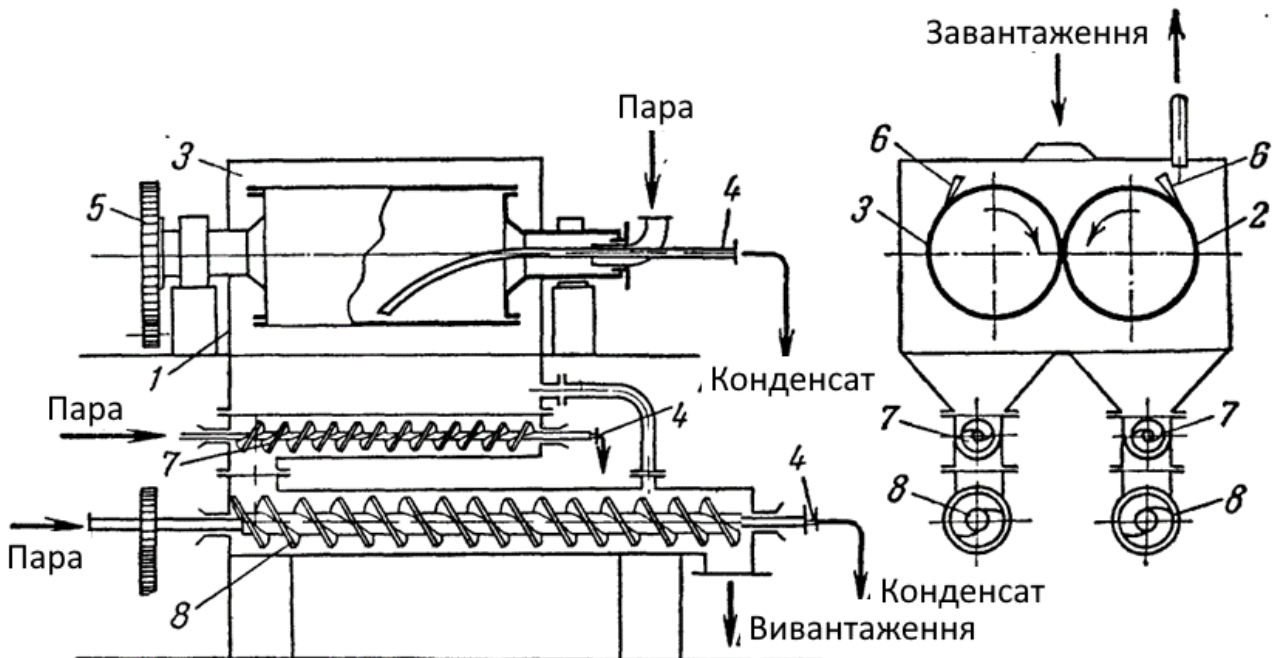
У розпилювальній сушарці матеріал подається в камеру через 1 форсунку 2. Сушительний агент рухається паралельним струмом з матеріалом. Дрібні тверді частинки висушеного матеріалу розміром до декількох мікрон осаджуються на дно камери і відводяться шнеком 3. Відпрацьований сушительний агент після очищення від пилу циклоні 4 і рукавному фільтрі 5 викидається в атмосферу.

Сушіння розпиленням використовується для виробництва порошкових продуктів. Наприклад, здійснюється сушіння яєчного порошку, соків, крохмалю. Для сухих фруктових та овочевих соків важливо зберегти їхній аромат. Для цього сушительні установки працюють із нижчими температурами випаровування рідини. Це викликає необхідність створення вакууму, що робить подібне обладнання досить складним.

Вальцеві сушарки

Вальцеве сушіння сировини здійснюється нанесенням тонкого шару продукту на циліндричну поверхню вальців, які спеціально підігрівають. Товщина шару зазвичай розраховується так, щоб він висихав за 40-60 с. Далі він зіскаблюється спеціальними ножами.

Здійснюється безперервне сушіння рідин та текучих пастоподібних матеріалів при атмосферному тиску або при розрядженні. Основною частиною двовальцевих сушарок, є вальці 2 і 3, що повільно обертаються зі швидкістю 2 - 10 об/хв в кожусі 1 назустріч один одному. Зверху між вальцями безперервно подається матеріал, що висушується. Гріючий пар надходить через порожню цапфу всередину кожного з вальців, паровий конденсат відводиться через сифонну трубку 4. Введення пари і виведення конденсату проводиться з боку, протилежної приводу 5. Вальці можуть обігріватися гарячою водою або високотемпературними органічними теплоносіями.

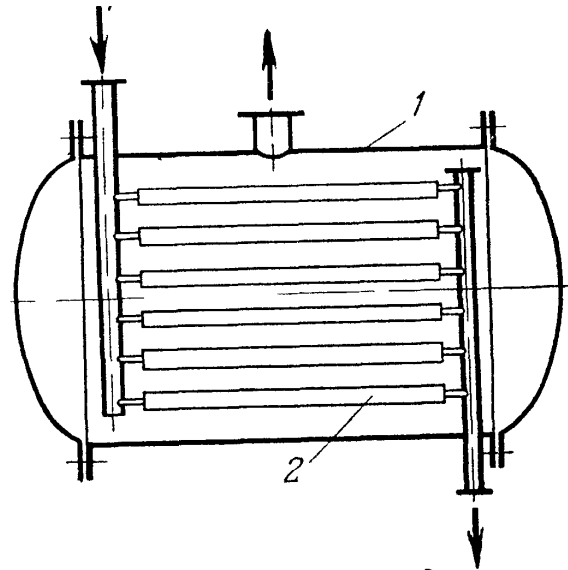


Ширина зазору вибирається у межах 0,5 - 1 мм і регулюється шляхом переміщення веденого вальця 2, має рухомі підшипники, щодо нерухомо встановленого провідного вальця 3. Висушування матеріалу відбувається інтенсивно в тонкому шарі протягом одного неповного обороту вальців. Плівка підсушеного матеріалу знімається ножами 6, розташованими вздовж утворює кожного вальця. Чим тонший шар матеріалу на вальцях, тим швидше і рівномірніше він сушиться. Однак внаслідок малої тривалості сушіння часто потрібно досушування матеріалу, яке здійснюється послідовно спочатку у верхньому досушувачі 7, а потім у нижньому 8. Досушувачі являють собою лотки з паровим обігрівом, який подається в валки, що обертаються з гребками.

Вакуум-сушильні шафи

Вакуум-сушильна шафа являє собою циліндричну камеру 1, в якій розміщені порожнисті плити 2, що обігріваються зсередини паром або гарячою водою. Висушуваний матеріал знаходиться в лотках, встановлених на плитах. Під час роботи камера герметично закрита та з'єднана із установкою для створення вакууму. Завантаження та вивантаження матеріалу проводиться вручну.

Вакуумне сушіння проходить при зниженому тиску. Завдяки цьому температура в сушильній камері може бути значно знижена.



Експлозійна (вибухова) сушіння

Вибухова сушіння використовує поєднання високої температури та високого тиску з наступним раптовим скиданням тиску (т.зв. вибухом) для вимивання перегрітої води з продукту. Цей метод дає продукт із гарною регідратацією. Проте, висока температура може погіршити якість їжі, а вибухове здуття може порушити цілісність продукту.

Експлозійна (вибухова) сушіння заснована на ефект теплового шоку. Весь об'єм води, що міститься в харчовій сировині, закипає під впливом різкого зниження тиску в сушильній камері. Попередньо відбувається нагрівання до температури близької температури кипіння води. Оскільки тиск падає, то вода, опинившись у цих умовах у перегрітому стані, моментально закипає. Такий процес руйнує внутрішню структуру матеріалу. Він стає спіненим, тобто. повітряним. Сушити продукт із такою структурою досить просто. Вибухова сушіння здійснюють або зниженням підвищеного тиску в сушильній камері до атмосферного, або зниженням тиску, нижче атмосферного (створенням вакууму). У першому випадку початкова температура сировини перевищує 100 градусів, а в другому процес здійснюється за нижчих температур.

Сушіння в киплячому шарі

Цей метод включає рух твердих частинок у висхідному газовому потоці, зазвичай, гарячому повітрі. Гарячий газ вводиться в нижню частину завантаженого попередньо циліндричного шару і виходить вгору. У деяких випадках для збільшення контакту продукту з гарячим газом використовується механізм вібрації.

Є одним із прогресивних типів апарату для сушіння. Процес у киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу та сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу та скоротити тривалість сушіння до декількох хвилин. Основними перевагами є рівномірна температура та висока швидкість сушіння, що знижує теплове пошкодження.

Аерофонтанне сушіння також проходять при продуванні сушильного агенту через шар сипучого продукту знизу вгору. Ці два методи схожі, але мають такі відмінності. Аерофонтанне сушіння здійснюється при більш високій швидкості сушильного агента і більшій відстані між частинками продукту, що висушується. Для реалізації киплячого шару необхідно, щоб швидкість сушильного агента була від 1 до 5 м/с, а при аерофонтанному сушінні його швидкість підвищують до 12 - 14 м/с.

Терморадіаційні сушарки

У цих сушарках необхідне сушіння тепло повідомляється інфрачервоними променями. Таким способом до матеріалу можна підводити питомі потоки тепла в десятки разів, що перевищують відповідні потоки при конвективному і контактному сушінні. Тому при сушінні інфрачервоними променями значно збільшується інтенсивність випаровування вологи з матеріалу.

Використання інфрачервоного випромінювання є перспективним напрямом у сушінні харчових продуктів. Сутність інфрачервоного випромінювання полягає у збудженні атомів та молекул, які поглинають це випромінювання. Тіло, що поглинуло таке випромінювання, буде нагріватися через збільшення теплового руху його атомів і молекул. Щодо харчових продуктів, то в них інфрачервоне випромінювання проникає приблизно на 6-12 мм у глибину. На такій глибині зростання температури продукту, що висушується, значно вище, ніж при конвективній сушці. Це відбувається за рахунок впливу на продукт короткохвильових променів інфрачервоного випромінювання, які впливають на молекулярну структуру.

Особливість інфрачервоного сушіння продуктів полягає в тому, що вибирається така довжина хвилі випромінювання, яка впливає лише на воду у продукті. Це випромінювання не поглинається самим продуктом, що дозволяє проводити процес сушіння при досить низьких температурах в 40-60 °С. Завдяки цьому у продукті зберігаються вітаміни та біологічно активні речовини. Отже, початковий колір і смак залишаються незмінними. Такі характеристики процесу сушіння продуктів із застосуванням інфрачервоного випромінювання дозволяють говорити про те, що цей напрямок є в даний час одним з перспективних серед інших методів сушіння харчових продуктів.

Даний метод сушіння зберігає у продукті до 90% вітамінів та інших корисних речовин. Для того, щоб оброблений продукт відновив усі свої колишні якості, його потрібно лише на 10-20 хвилин замочити. При цьому органолептичні, фізичні та хімічні показники майже повністю відповідатимуть вихідному продукту. Після відновлення препарат можна використовувати як у сирому вигляді, і обробленим.

Таким чином, при сушінні овочів, фруктів, риби, м'яса, крупи, а також будь-яких інших продуктів з'являється можливість створення харчових концентратів для страв швидкого приготування. Це і перші, другі та треті страви, і різні закуски та каші. Також виробляються овочеві та фруктові порошки для харчової промисловості. Зазвичай їх використовують для приготування дитячого харчування. Перевага інфрачервоного сушіння в тому, що відновлені продукти

майже повністю відповідають показникам свіжих. Продукти, оброблені подібним чином, часто застосовують у молочній, кондитерській та хлібопекарській промисловості.

Технологія сушіння продуктів інфрачервоним випромінюванням не допускає використання консервантів чи інших шкідливих здоров'ю людини речовин. Шафи для інфрачервоного сушіння продуктів та випромінювання, яке в них застосовується абсолютно нешкідливі для людини.

Інфрачервоне сушіння продуктів робить їх стійкими до розвитку мікрофлори. Не потрібні спеціальні умови зберігання. Достатньо лише забезпечити низьку вологість у приміщенні та продукти добре зберігатимуться протягом року. Збільшити термін зберігання продуктів можна за допомогою герметичної упаковки. Так час зберігання може бути збільшений до 2 років.

Після обробки продукти втрачають обсягом до 75%, а масі до 85%. Але після замочування відновлений продукт буде повністю готовий до вживання чи будь-якої кулінарної обробки.

Устаткування для інфрачервоного сушіння має універсальність і застосовується як для сушіння рослинних продуктів, так і продуктів тваринного походження. Воно має такі переваги:

- серед усіх методів сушіння дане обладнання має найменше питоме енергоспоживання на 1 кг вологи, що випаровується;
- витрати енергії становлять менше 1 кВт год / кг. Це вдвічі менше, ніж при сушінні будь-яким іншим методом;
- процес сушіння проходить при температурах, що не перевищують 60 °С;
- сам процес займає досить мало часу. Як правило, від 30 до 200 хвилин.

Високочастотні (діелектричні) сушарки

Для висушування товстошарових матеріалів, коли необхідно регулювати температуру і вологість не тільки на поверхні, а й у глибині матеріалу, у ряді випадків ефективно застосування ***сушіння в полі струмів високої частоти***. Таким способом сушать матеріали, що мають діелектричні властивості.

Високочастотна сушарка складається з високочастотного генератора та сушильної камери. Під дією електричного поля високої частоти іони та електрони в матеріалі змінюють напрямок руху синхронно зі зміною знака заряду пластин конденсатора; дипольні молекули набувають обертального руху, а неполярні молекули поляризуються за рахунок зміщення їх зарядів. Ці процеси, що супроводжуються тертям, призводять до виділення тепла і нагрівання матеріалу, що висушується.

Змінюючи напруженість електричного поля, можна регулювати величину температурного градієнта між внутрішніми шарами матеріалу та її поверхнею, тобто. регулювати швидкість сушіння, і навіть вибірково нагрівати лише з складових частин неоднорідного матеріалу.

Аналогічно працює ***сушіння із застосуванням НВЧ поля***. Під впливом НВЧ поля на продукт молекули води починають здійснювати коливальні та обертальні рухи. Наслідком руху молекул є виникнення теплової енергії. Причому, що більше вологи міститься у заданому обсязі продукту, то більше

вписувалося молекул бере участь у коливальному русі, отже, виділяється більше теплової енергії. В результаті волога, що міститься в продукті, нагрівається та закипає. При цьому нагрівання відбувається у всьому обсязі продукту, і чим більше вологи міститься в даній ділянці продукту, тим більше теплової енергії він отримує. Це дозволяє не тільки видалити вологу та висушити продукт, а й сприяє рівномірному розподілу вологи по всьому об'єму продукту. При нагріванні відбувається підвищення тиску всередині продукту, що викликає витіснення парів вологи з продукту по каналах, що відкрилися. Цей процес здійснюється при кипінні рідини, що сприяє виштовхуванню парами деякої частини вологи, що ще не випарувалася. Все це забезпечує швидкість сушіння.

В умовах вакуумного сушіння температура кипіння рідини сильно знижується. Це дозволяє здійснювати сушіння продуктів без руйнування вітамінів та білків при досить великій інтенсифікації процесу. Мікрохвильова сушіння у вакуумі дозволяє скоротити час сушіння в 4 рази та знизити споживання питомої енергії у 2-4 у порівнянні з традиційними видами сушіння. Для відновлення висушених продуктів їх досить просто намочити.

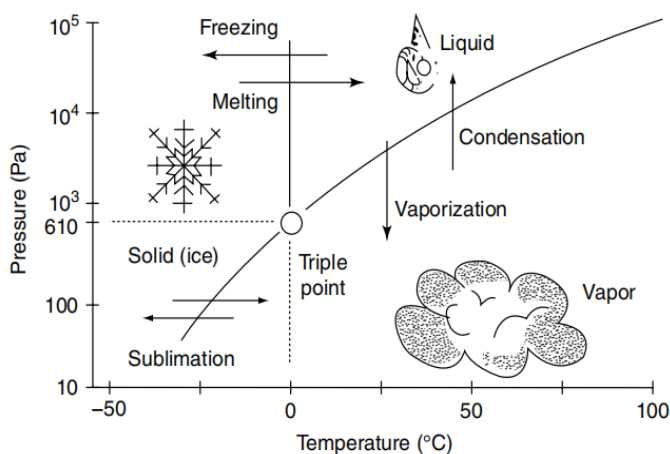
За допомогою мікрохвильового вакуумного сушіння переробляють такі продукти як м'ясо, риба, сир, сир, фрукти та ягоди, гриби, овочі, БАД, екстракти фруктів та ягід, а також різні порошки (м'ясні, молочні, рослинні). Результатом сушіння є такі продукти: фруктові-ягідні та овочеві цукерки, які роблять з яблук, слив, груш, полуниці, моркви, буряків, гарбуза, в'ялені м'ясні балики з яловичини, свинини та курки, різні рибні та морепродукти, чай, тютюн, лікарські рослини та трави з високим вмістом біологічно активних речовин.

Вакуумне сушіння із застосуванням НВЧ поля дозволяє значно скоротити витрати на електроенергію. У процесі сушіння установки практично не нагріваються, температура навколо них не перевищує температуру навколишнього середовища. За рахунок того, що при зниженні тиску у вакуумній сушильній камері волога закипає при температурі нижче за кімнатну, може відбуватися споживання для сушіння теплової енергії з навколишнього середовища.

Сублімаційне сушіння

При сушінні сублімації заморожений матеріал піддається тиску нижче потрійної точки (при 0°C, тиск: 610 Па) і нагрівається, щоб викликати сублімацію льоду в пару. Схематична діаграма різних станів води із потрійною точкою показана на рис.

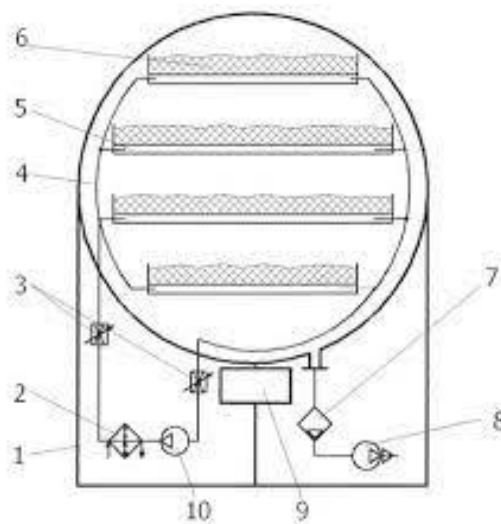
Цей метод зазвичай використовується для високоякісних сушених продуктів, які містять термочутливі компоненти, такі як вітаміни, антибіотики та мікробні культури. Фактична відсутність повітря та низька



температура запобігають псуванню через окислення або хімічну модифікацію продукту. Але при цьому тривалий час обробки вимагає додаткової енергії для роботи компресора та холодильних установок, що робить процес дуже дорогим для комерційного використання. Він переважно використовується для дорогих продуктів.

Сушіння матеріалів у замороженому стані, при якій волога, що перебуває в них у вигляді льоду, переходить у пару, минаючи рідкий стан, називається сублімаційною або молекулярною. Сублімаційне сушіння проводиться в глибокому вакуумі при залишковому тиску 1,0 - 0,1 мм рт.ст. та при низьких температурах.

У сушильній камері, яка називається субліматором, знаходяться пустотілі плити, всередині яких циркулює гаряча вода. На плитах встановлюються листи з матеріалом, що висушується, що мають знизу невеликі бортики. Тому листи не стикаються поверхнею днища з плитами і тепло від останніх передається матеріалу, переважно тепловою радіацією. Пароповітряна суміш з субліматора надходить у труби конденсатора-виморожувача, міжтрубному просторі, якого циркулює холодоагент, наприклад аміак. Конденсатор включається в один циркуляційний контур з випарником аміачної холодильної установки і з'єднується з вакуум-насосом, призначеним для відсмоктування газів і повітря, що не конденсуються. У трубах конденсатора відбувається конденсація та заморожування водяної пари. Для зручнішого видалення льоду зазвичай використовують два конденсатори, які поперемінно працюють і розморожуються.

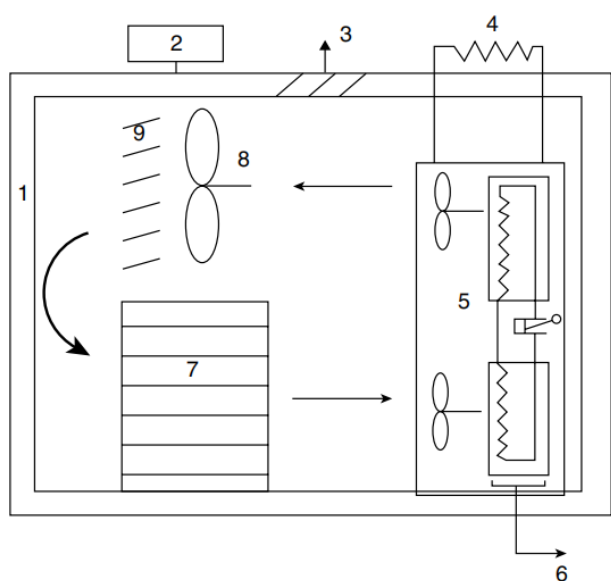


Процес видалення вологи з матеріалу протікає три стадії. При зниженні тиску в сушильній камері відбувається швидке самозаморожування вологи та сублімація льоду за рахунок тепла, що віддається самим матеріалом (при цьому видаляється до 15 % усіх вологи), видалення основної частини вологи сублімацією, що відповідає періоду постійної швидкості сушіння, та видалення залишкової вологи тепловою сушкою.

Застосування цього дорогого способу сушіння доцільно тільки в тих випадках, коли до продукту, що висушується, пред'являють високі вимоги щодо збереження його властивостей при тривалому зберіганні. Шляхом сублімації сушать головним чином цінні продукти, що не витримують звичайної теплової обробки та потребують тривалого збереження їх біологічних властивостей (пеніцилін та деякі інші медичні препарати, плазма крові, високоякісні харчові продукти та біологічно активні харчові добавки).

Сушіння тепловим насосом

Сушіння тепловим насосом є розширенням застосування звичайного осушувача повітря з конvekцією і вбудованою системою охолодження (рис.).



Схематична діаграма роботи сушарки з тепловим насосом:

(1) паронепроникний та ізольований корпус, (2) зволожувач, (3) клапан перегріву, (4) зовнішній конденсатор, (5) осушувач теплового насоса, (6) конденсат, (7) лоток для продуктів, (8) вентилятор циркуляції первинного повітря та (9) розподільник повітря.

Сухе нагріте повітря безперервно подається до виробу для поглинання вологи. Це вологе повітря проходить через випарник

теплового насоса, де він конденсується, віддаючи приховану теплоту випаровування холодоагенту у випарнику. Це тепло використовується для повторного нагрівання холодного сухого повітря через гарячий конденсатор теплового насоса. Таким чином, прихована теплота, що регенерується в процесі, вивільняється в конденсаторі холодильного контуру і використовується для повторного нагрівання повітря всередині осушувача. Використання сушарки з тепловим насосом дає кілька переваг у порівнянні зі звичайними сушарками з гарячим повітрям для сушіння харчових продуктів, включаючи більш високу енергоефективність, кращу якість продукту, можливість працювати незалежно від зовнішніх погодних умов та нульовий вплив на довкілля. Крім того, конденсат можна видобувати та утилізувати відповідним чином, а також існує можливість вилучення цінних летких компонентів з конденсату. Однією з основних причин покращення якості продуктів, висушених тепловим насосом, є його здатність працювати за низьких температур. Існує також можливість використання сушіння тепловим насосом із модифікованою атмосферою для отримання продукції вищої якості.

Основною перевагою використання сушіння тепловим насосом є потенційне покращення якості продуктів, що висушуються за оптимальних умов сушіння. Зазвичай висушені продукти мають низький вміст летких ароматів, втрачають термолабільні вітаміни і мають високий рівень погіршення кольору. Було виявлено, що імбир, висушений у сушарці з тепловим насосом, зберігає більше 26% джінджерола, основного летючого смакового компонента, відповідального за гостроту імбиру, порівняно з 20% у зразках, що піддаються ротаційному сушінню. Вищий вміст летких речовин у зразках, висушених тепловим насосом, пов'язані з використанням нижчої температури сушіння проти температурами комерційних сушарок. Втрата кольору, смаку та поживної цінності сушених продуктів пояснюється неферментативним потемнінням.

Відомо, що швидкість реакції неферментативного потемніння є найвищою ближче до кінця циклу сушіння, коли швидкість сушіння низька, а температура продукту наближається до температури сушильного середовища. Однак нижчі температури сушіння, які використовуються в сушарках з тепловим насосом, знижують ступінь неферментативних реакцій потемніння. Органолептичні показники трав, висушених тепловим насосом, кращі порівняно з промислово висушеними продуктами. Використання модифікованої атмосфери для сушіння харчових продуктів є ще одним важливим потенційним аспектом технології сушіння тепловим насосом. Під час сушіння чутливі до кисню матеріали, такі як смакові сполуки та жирні кислоти, можуть піддаватися окисленню, що призводить до поганого смаку, кольору та регідратаційним властивостям. Використання модифікованої атмосфери замість повітря дозволить одержувати сухі продукти без протікання в них окисних реакцій.

Питання для самоконтролю

1. Стан води в харчових продуктах.
2. Теорія сушіння.
3. Основні способи сушіння.
4. Конвективне сушіння.
5. Розпилювальне сушіння.
6. Вальцеве сушіння.
7. Вакуумне сушіння.
8. Сушіння із застосуванням НВЧ поля.
9. Сублімаційне сушіння.
10. Сушіння тепловим насосом.

ПАКУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ЯК СПОСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Сучасна людина споживає на добу близько 800 г їжі і 2 л води. Добовий раціон населення планети становить понад 4 млн тонн їжі. Тому важливим завданням є збереження виробленої продовольчої сировини і продуктів харчування.

Пошук способів зберігання продовольчих ресурсів людство веде з найдавніших часів. Правильне зберігання продуктів неможливе без знання, що відбуваються після процесів їх виготовлення, оптимальних режимів зберігання, граничних строків зберігання і особливостей зберігання кожного виду харчового продукту.

Тара є складовою процесу виробництва і необхідна для доставки виробу споживачеві в належному вигляді. Пакувальні матеріали відіграють важливу роль у формуванні асортименту товарів, їх іміджу, забезпеченні збереження в процесі просування товару.

З розвитком техніки і технології отримання пакувальних матеріалів розширюються функції упаковки. Крім створення інертного бар'єра між продуктами й оточуючим середовищем, упаковка все активніше перетворюється у виробничу операцію. За її допомогою можна регулювати температуру нагрівання харчових продуктів у мікрохвильових печах, формувати оптимальне газове середовище всередині упаковки, яке направлено змінювати склад продукту (біологічно активні матеріали з іммобілізованими ферментами, їстівні плівки тощо).

У харчовій промисловості використовуються нові пакувальні матеріали, у тому числі такі, що містять антибактеріальні речовини, ферменти тощо. Вони дають змогу регулювати склад, біологічну цінність продуктів харчування, інтенсифікувати технологічні процеси.

Перспективними вважаються такі «активні» оболонки, як їстівні покриття. У них плівкоутворюючою основою є поліцукри (похідні крохмалю та целюлози). Їстівні плівки захищають продукти від втрат маси і створюють певний бар'єр кисню та іншим речовинам ззовні, завдяки чому гальмують небажані зміни продукту. Вони характеризуються високою сорбційною здатністю, особливо щодо іонів металів, радіонуклідів та інших шкідливих сполук. Завдяки введенню в їстівну плівку ароматизаторів і барвників можна регулювати органолептичні властивості харчових продуктів. Їстівна плівка здатна утримувати біологічно активні речовини (макро- і мікроелементи, вітаміни тощо) і відповідно збагачувати продукти харчування необхідними нутрієнтами.

Основні функції упаковки:

1. *Захисна функція.* За міжнародним стандартом ДСТУ ISO 9004-1-94 «Загальне керівництво якістю й елементи системи якості» упаковка, поряд із зберіганням, відноситься до 7-го етапу життєвого циклу продукції, призначенням якого є збереження досягнутого рівня якості.

Здатність зберігати харчові продукти (захисна функція) – найважливіша функція упаковки. Вона забезпечується надійністю упаковки, її безпекою та сумісністю з упакованими продуктами. Захисна функція повинна передбачати в конструкції упаковки заходи щодо захисту упакованого продукту від впливу кліматичних факторів, від пошкоджень і псування під час транспортування і зберігання, а також по захисту навколишнього середовища і людини від негативного впливу упакованого продукту. Особливу актуальність і важливість захисна функція має під час упаковки харчових продуктів. Вплив кліматичних факторів на зниження якості харчових продуктів та основні види захисту і нові пакувальні матеріали для деяких харчових продуктів наведені в таблицях.

Вплив кліматичних факторів на властивості харчових продуктів

Кліматичний фактор	Реакція, яка виникає	Зміна якості
Кисень повітря	Окиснення	Зміна кольору овочів та фруктів, руйнування ефірних олій, прогрівання жирів
Волога	Абсорбція, каталіз	Утворення комків, розм'якшення, гідролітичне прогрівання жирів, мікробіологічна порча
Світло	Фотодеструкція	Руйнування вітамінів А, Е, К, В2, В6, В12, С. Знебарвлення харчових продуктів, окислювальне прогрівання жирів
Температура	Зміна швидкості реакції	Підвищення температури на 10° збільшує швидкість хімічних реакцій в 2–3 рази та знижує термін зберігання

Основні види захисту та типи пакувальних матеріалів

Продукти, які упаковуються	Вид захисту	Основні типи пакувальних матеріалів
Гігроскопічні та сипучі (сіль, цукор та ін.)	Захист від зволоження	Папір з поліетиленовим покриттям, тканинні мішки з поліетиленовими вкладишами. Бумага, фольга, поліетилен.
Продукти сублімаційної сушки	Захист від вологи, кисню, світла, сторонніх запахів, бажано в атмосфері інертного або захисного газу	Непрозорі багатошарові ламінати, які містять алюмінієву фольгу або шари металізованих полімерних плівок
Прянощі, приправи	Захист від втрат ароматичних властивостей та від окислення летучих органічних сполук	Ламінати типу ОПП-ПВДХ або ОПП-ПП (для короткочасного зберігання); ламінати, які містять алюмінієву фольгу або металізовані полімерні шари
Рибна або м'ясна кулінарія, сир, ковбаси	Захист від всіх факторів зовнішнього середовища (в т.ч. мікроорганізмів)	Середовище інертний або захисний газ. Бар'єрні ламінати, які містять алюмінієву фольгу.
Заморожені готові продукти	Захист від волого обміну, дії кисню, прозорість для мікрохвиль, морозостійкість	Картонні лотки з полімерним покриттям, лотки з кристалічного ПЕТФ, пакети з полімерних комбінованих плівок
Консерви, стерилізовані при температурі вище 100 °С	Забезпечення максимальної герметичності, термостійкість не нижче 120...125 °С	Ламінати з максимально можливими бар'єрними властивостями, які містять алюмінієву фольгу. У випадку розігрівання продукти у мікрохвильовій печі до ламінатів замість фольги вводять ЕВОН або інший високобар'єрний полімер

2. Стрімкий прогрес пакувальної промисловості призвів до ряду нових уявлень про упаковку. Одне з них – можливість стандартизації кількості вмісту в пакеті. Однакова система упаковки дозволяє купити без додаткового зважування в магазині 250 г масла, 125, 250, 500, 1000 г молочних продуктів і т.д. На додаток до інших функцій упаковка стала вимірювати кількість продукту, тобто виконувати **дозувальну функцію**.

3. Під **транспортної функцією** упаковки розуміють здатність упаковки до зручного перевезення упакованої продукції певним видом транспорту на задану відстань протягом встановленого часу в певних умовах.

4. У більшості випадків упакований товар не може бути використаний негайно. Він може зберігатися або на складі у виробника, або у продавця, або у покупця. Тому упаковка повинна забезпечити збереження всіх властивостей товару протягом тривалого часу. Сучасні матеріали і технологія пакування відкривають широкі перспективи розробки і застосування спеціальних методів збільшення термінів зберігання продукції, таких як сублімація, охолодження, стерилізація і т.д. Виконання **функції зберігання** вимагає від конструкції упаковки простого і чіткого маркування, можливості стапелювання на стандартних піддонах і оптимального використання площі складських приміщень. У випадках тривалого зберігання слід враховувати необхідність контролю та перевірки якості упакованої продукції.

5. Упаковка, виконуючи **функцію маркетингу**, ефективно використовується як засіб просування товару на споживчий ринок. Розрізняють три основні причини, через які значення упаковки в системі маркетингу неухильно зростає: 1) зростаючі вимоги споживачів до зручності користування продуктом; 2) конкуренція за більш престижні місця на прилавках магазинів; 3) використання упаковки для реклами продукту на місці продажу.

6. **Нормативно-законодавча функція** упаковки є як би похідною від інших функцій. Так, в процесі виконання функцій захисту і зберігання склався комплекс санітарно-гігієнічних вимог до упаковки. В даний час в багатьох країнах існує спеціальне законодавство, яке суворо регламентує граничний вміст в пакувальних матеріалах компонентів і домішок, які можуть мігрувати в продукт. Воно спрямоване на виключення можливості переходу шкідливих речовин з упаковки в продукт в кількостях, що впливають на організм споживача. Пакувальний матеріал може бути використаний в харчовому виробництві тільки після отримання відповідного дозволу державних органів санітарно-гігієнічного контролю.

7. **Екологічну функцію** упаковки можна розглядати як наукове і практичне спрямування раціонального використання суспільством упаковки у світлі взаємодії з навколишнім середовищем. Екологічна функція упаковки в останні роки набуває все більш важливе значення. У міру збільшення темпів виробництва виникають проблеми знищення використаної упаковки. Це пов'язано з повільною швидкістю асиміляції (засвоєння) природою, під природним впливом світла, тепла, вологи, мікроорганізмів матеріалів використаної упаковки. Особливі проблеми виникають з полімерними

матеріалами, період асиміляції яких досягає 80 років. Вирішують екологічні проблеми використаної упаковки різними шляхами: збільшенням обсягів багатозворотної споживчої тари; збором і вторинною переробкою традиційними способами; використанням полімерних матеріалів, здатних розчинятися і в розчині піддаватися вторинній переробці: спалюванням з використанням фільтрів і апаратів, що уловлюють шкідливі леткі продукти: розробкою і використанням для упаковки харчових продуктів їстівних і самодеструктуючих пакувальних матеріалів. Самодеструктуючи або саморуйнівні полімерні матеріали поділяють на біорозкладні, що руйнуються під дією світла, і розкладаються хімічним шляхом. Найбільш перспективне отримання таких матеріалів з природного крохмалю, картоплі та зернових культур. Особливого значення набуває повторне використання перероблених полімерів – вторинних матеріалів.

8. Інформаційна функція упаковки набула важливого значення в процесі розвитку форми самообслуговування в роздрібній торгівлі. Маючі достатньо інформації про продукт, приємна на зовнішній вигляд упаковка часто служить єдиним «продавцем» в магазинах самообслуговування. Особливо важливе значення набуває така упаковка для нових продуктів, які ще не відомі покупцям. У цьому випадку вона повинна завершувати весь цикл збуту – привертати увагу, стимулювати інтерес, викликати бажання і спонукати до купівлі продукту.

9. Експлуатаційна функція упаковки передбачає легкість поводження з нею в процесі сортування, зберігання, переміщення та збуту, а також зручність для споживача у використанні упакованого продукту. Опитування покупців показують, що їм імпонує упаковка, яку можна використовувати повторно, яку легко відкрити, яка є оригінальною і привабливою, відповідає розумінню краси споживачем.

10. Функція раціоналізації. Виготовлення упаковки та запакування продукції вимагають великих матеріальних і трудових витрат, які в сукупності визначають вартість упаковки. Витрати на упаковку займають важливе місце в економіці окремих підприємств і цілих галузей народного господарства. Вони суттєво впливають на ціну продукції. Причому сам товар не стає більш цінним, а дорожчає через вартість упаковки. У зв'язку з цим, важливою функцією, яку виконує упаковка, є раціоналізація, тобто вибір оптимальної технології упаковки і всього виробничого процесу в цілому. З одного боку, необхідно прагнути до економії матеріальних і трудових ресурсів під час виробництва тари і пакувальних матеріалів, з іншого – до раціональної організації операцій упакування, зберігання та реалізації упакованої продукції. Економічні міркування є основним критерієм вибору. Найбільш ефективною вважається упаковка, що забезпечує на всіх стадіях обігу – від виготовлення до утилізації – найменші витрати і найбільшу економію суспільної праці. Витрати на упаковку не повинні становити основну частину в собівартості товарів, тому обирають таку упаковку, яка забезпечила б оптимальні захисні властивості в необхідні терміни зберігання товарів.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПАКУВАННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Вакуумна упаковка

Вакуумна упаковка – упаковка, внутрішній тиск в якій нижче атмосферного. Це сучасний спосіб захисту самих різних товарів – починаючи з металевих конструкцій і закінчуючи продуктами харчування. Він заснований на створенні навколо вмісту безповітряного простору, в якому не розмножуються шкідливі мікроорганізми. І, оскільки аналогів цьому винаходу немає, не дивно, що воно стало дуже популярним.

Вакуум-упаковка широко використовується для м'ясних, рибних товарів, сирів, соусів і багатьох інших швидкопсувних продуктів. Особливо часто вакуумування застосовують в упакуванні м'ясних продуктів.

Вакуум-упаковка забезпечує не тільки подовження терміну зберігання, але й запобігає втраті маси та аромату харчових продуктів. Розроблено різноманітне вакуум-пакувальне обладнання: одно- і двокамерне, напів- і автоматично вмонтоване у технологічні лінії. Вакуум-упаковка передбачає застосування комбінованих матеріалів, що включають шар поліетилену, а також ламінованих багатошарових матеріалів на основі поліпропілену. Для збільшення газонепроникності застосовують шар етиленвінілового спирту.

Для пакування свіжого м'яса і риби використовують технології, які працюють за схемою «термоформування – фасування – закупорювання» упаковки. Термоформовані лотки виготовляють із ламінованого матеріалу полівінілхлорид/поліетилен, кришки – із полівініліденхлориду з покриттям із поліефіру, поліетилену і шару з антизапотівним покриттям.

Кулінарні вироби упаковують у високозахисні пакувальні матеріали, які запобігають газообміну між навколишнім середовищем і упаковкою. При цьому підбирають високоякісні вироби з мінімальним вмістом мікроорганізмів. Для розігрівання такої продукції не обов'язково застосовувати мікрохвильову піч, а достатньо опустити пакет на декілька хвилин у кип'ячу воду або застосовувати сковороду.

Вакуумна упаковка може використовуватись для захисту продуктів від хімічного і мікробіологічного псування. Якість вакуумного пакування залежить від властивостей використаних матеріалів і обладнання. Для вакуумного пакування використовують плівки з низькими показниками проникності кисню, вуглекислого газу, азоту і водяної пари. Під час вибору важливо враховувати і співставляти бар'єрні властивості плівки для упакованої продукції.

Системи і технології асептичної упаковки

Асептична упаковка – це упаковка з антибактеріальною обробкою, біостійка, призначена для харчових продуктів з тривалим терміном зберігання.

Асептична упаковка – поширена в даний час технологія упаковки, під час якої продукт і упаковка стерилізуються окремо різними способами, а потім упаковка наповнюється продуктом і закупорюється в стерильних умовах. Це

запобігає швидкому псуванню продукту і забезпечує довгий термін зберігання без використання консервантів. Упаковка складається з поліетилену, картону та алюмінію, які захищають продукт в упаковці від псування, що забезпечується високими бар'єрними властивостями даного поєднання матеріалів. Ця технологія широко використовується для рідких продуктів (молоко та молочні продукти – більше 65%, різні соки – більше 25%, пасти, супи та ін. – 10%).

Стерилізація упаковки здійснюється із використанням низки методів. Найбільш поширені методи наведені в таблиці: засновані на використанні (а) перегрітої пари, (б) гарячого сухого повітря, (в) перекису водню, (г) комбінації перекису водню та ультрафіолетового світла, (д) обробка спиртом, (е) теплота процесу со-екструзії та (ж) опромінення гамма-променями.

Методи стерилізації асептичних упаковок

Метод	Застосування	Переваги та недоліки
Перегріта пара	Металеві контейнери	Висока температура при атмосферному тиску
Сухе гаряче повітря	Металеві або композитні контейнери для соків та напоїв	Висока температура при атмосферному тиску; мікроорганізми більш стійкі, ніж у насиченій парі
Гарячий перекис водню	Пластикові контейнери, ламінована фольга	Швидкий та ефективний метод
Перекис водню/УФ	Пластикові контейнери (готові коробки)	УФ підвищує ефективність перекису водню
Оксид етилену	Скляні та пластикові контейнери	Не можна використовувати там, де є хлориди
Тепло від процесу со-екструзії	Пластикові контейнери	Не використовуються химические вещества
Опромінення	Термочутливі пластикові контейнери	Може використовуватися для стерилізації термочутливих пакувальних матеріалів; дорогий; проблеми з розташуванням джерела радіації

Асептичне запакування дозволяє зберегти органолептичні та смакові характеристики харчового продукту значно довше, ніж під час пакування у звичайних умовах. Проведена перед розфасовкою продукту термічна обробка допомагає позбутися шкідливих мікроорганізмів, що впливають на збереження вмісту упаковки.

До продуктів, що упаковується асептичним методом відносяться, в основному, соки, молоко, напої та продукти, що містять молоко, а також супи (напівфабрикати).

Ось деякі корисні властивості систем з асептичної упаковкою:

- більш короткочасний вплив високої температури, дозволяє зберегти живильні властивості, смак;
- замикання упаковок в стерильній зоні пакувальної машини із застосуванням надлишкового тиску стерильного повітря;

– стерилізація продукту здійснюється в результаті термічної стабілізації під час проведення, протягом певного короткого проміжку часу, через високотемпературну секцію та охолодження;

– тривалий термін придатності продуктів без зберігання в холодильнику;

– отримання додаткового захисту продуктів шляхом введення в упаковку інертного газу; високий рівень знезараження пакувального матеріалу або упаковки.

Упаковка в модифікованому та регульованому газових середовищах

Упаковка з газовим наповненням – це упаковка, заповнена інертним або іншим газом. Упаковка в модифікованому газовому середовищі / захисній атмосфері. МГС – упаковка в модифікованому газовому середовищі – це всесвітньо відомий і вживаний десятиліттями процес кінцевої стадії обробки їжі. У МГС повітря, що знаходиться всередині упаковки, заміщене сумішшю інертних газів (як правило азоту і вуглекислого газу), що виключає або що уповільнює процес окислення (псування) їжі. Низький рівень кисню запобігає розвитку і розмноженню грибків, бактерій та інших мікроорганізмів.

Упаковка в модифікованій атмосфері (МАР), також відома як упаковка з використанням захисного газу, створюється шляхом часткового або повного відкачування повітря і заповнення упаковки захисною газовою сумішшю. Після заповнення газом упаковка щільно запаюється, що перешкоджає витокам газу або потрапляння повітря в упаковку.

Упаковка даного типу проводиться шляхом відкачування повітря з подальшим заповненням упаковки газом. Захисне газове середовище всередині упаковки оптимізується у відповідності з конкретними вимогами продукції.

Кисень (O_2) в найбільш низькій (<0,2%) і максимально можливій концентрації (>60%) пригнічує ріст аеробних мікроорганізмів, збільшуючи, наприклад, термін придатності харчових продуктів.

Азот (N_2) в основному використовується в якості стабілізуючого газу для підтримки обсягу упаковки, наприклад, для захисту під час обробки або в транспортній упаковці.

Вуглекислий газ (CO_2) реагує з водою з утворенням вугільної кислоти, яка сприяє зниженню рН. Це середовище пригнічує ріст мікроорганізмів. Особливості МГС полягають в заміні повітря в упаковці на суміш газів, з підібраним складом. Цей склад залежить від виду упакованого продукту. Він загальмовує деградаційний процес, що відбувається в продукті.

В основі даної технології пакування лежить принцип заміщення стандартного атмосферного повітря в упаковці газовою сумішшю, яка містить азот (N_2 , нейтральний наповнювач), вуглекислий газ (CO_2 , пригнічує аеробні бактерії і цвіль) і кисень (O_2 , підтримує свіжість продукту за рахунок процесів «дихання» в продукті). Застосування газової суміші на основі цих газів пригнічує ріст мікроорганізмів на поверхні харчового продукту, підтримуючи його мікрофлору на необхідному рівні, зберігає початкові харчосмакові, ароматичні та інші властивості протягом певного часу, значно збільшує терміни зберігання продукту без зміни його якості.

Активна упаковка для харчових виробництв

«Активна упаковка» містить спеціальні добавки (поглиначі газів і вологи, ароматизатори, антимікробні та ферментні препарати), що сприяють поліпшенню товарного вигляду і збереженню органолептичних властивостей харчової продукції, тобто ознак, які впливають на органи чуття. З розвитком техніки і технології отримання пакувальних матеріалів розширюються функції упаковки. З інертного, індиферентного бар'єру між харчовим продуктом і навколишнім середовищем упаковка в даний час все більше перетворюється на фактор виробництва, оскільки за її допомогою можна:

- цілеспрямовано змінювати склад продукту. У цьому випадку для виготовлення упаковки застосовуються біологічно активні матеріали з іммобілізованими ферментами (добавка щільно утримується в матриці полімерного матеріалу);

- захищати продукти харчування від мікробного псування, продовжуючи тим самим час їх «життя». Наприклад, термін зберігання ковбасної продукції в «активній» оболонці збільшується в 2–3 рази;

- створювати оптимальне газове середовище всередині оболонки, що широко використовується під час зберігання продуктів харчування в модифікованому і регульованому середовищі. Застосування такої упаковки для роздрібної торгівлі недоцільно через досить високі ціни, однак на заході широко використовується метод складського зберігання овочів і фруктів у великих мішках з віконечком з селективно-проникного матеріалу. Фрукти, збережені таким чином, набагато довше залишаються свіжими, упаковка окупається за рахунок усунення причин псування і всихання товару;

- регулювати температуру обробки продуктів харчування в умовах мікрохвильового нагрівання (наприклад, використовуючи металізовані полімерні матеріали). Продукт в металізованій упаковці в СВЧ-печі може розігріватися до 200 °С і вище. У цьому випадку велика частина тепла генерується в покритті, і продукт підсмажується як на сковороді, що недосяжно під час мікрохвильового нагрівання.

Цей напрямок представляє безперечний інтерес, оскільки введення добавки не в їжу, а в матрицю полімерної оболонки дозволяє пролонгувати дію добавки, регулюючи швидкість її масопереносу в харчовий продукт. При цьому забезпечується необхідний градієнт концентрації добавки на поверхні захисної оболонки, що безпосередньо контактує з харчовим продуктом. Важливою перевагою «активних» упаковок є те, що завдяки іммобілізації добавок міграція їх у харчовий продукт зведена до мінімуму (або оптимально регулюється), оскільки за останніми даними багато харчових добавок приховують у собі певну загрозу здоров'ю. Наприклад, відома всім лимонна кислота, часто вводиться в склад продуктів, незважаючи на свою уявну «необразливість», може виявитися шкідливою за надмірного споживання. Звичайно, за нормального харчування такий вплив буде непомітним, проте для певної групи людей, в раціоні яких консерви і напівфабрикати складають значну частину, такі харчові добавки можуть бути дійсно шкідливими.

Бактерицидні пакувальні матеріали

Для захисту харчової продукції від несприятливого впливу патогенної мікрофлори і токсичних продуктів її життєдіяльності застосовують бактерицидні пакувальні матеріали. Прикладом реалізації такого способу є використання антимікробних захисних систем на основі гігієнічно безпечних латексів (водних дисперсій синтетичних полімерів). Шляхом створення латексної композиції оригінального складу на основі екологічно безпечних водних систем, що містять антимікробні добавки, і формування їх покриттів безпосередньо на продуктах харчування розроблений спосіб захисту м'ясних виробів та сирів. Запропонований спосіб відрізняє порівняльна простота технічного рішення: нанесення на поверхню продукту багат шарових поліфункціональних покриттів, що виключають застосування високих температур, які іноді негативно впливають на властивості продукту. При цьому забезпечується щільне і повсюдне облягання поверхні продукту, що гарантує відсутність мікропорожнин – областей потенційного розвитку небажаної мікрофлори. В якості антимікробних добавок використовуються вітчизняні оригінальні препарати – солі дегідрацетової кислоти з широким спектром дії на різну мікрофлору (дріжджі, гриби, актиноміцети), а також комплекси цих добавок в поєднанні зі спеціальними регуляторами життєдіяльності мікробних клітин (вони захищають головним чином поверхню упакованого продукту, як відомо, максимально піддану інфікуванню). Захисні покриття, формовані безпосередньо на поверхні харчових продуктів (незрілих сирів, ковбас, делікатесної і звичайною м'ясної продукції) відрізняються антимікробною активністю, забезпечують зниження втрат корисної маси, наприклад, для сиру до 2% за період дозрівання, і екологічну безпеку виробництва, прискорюють біохімічні процеси дозрівання, поліпшують умови праці по догляду за сиром за рахунок ліквідації стадії мийки, перепакування, зниження негативного впливу екотоксикантів на продукт і обслуговуючий персонал.

Вплив пакувальних матеріалів на безпечність харчових продуктів

У несприятливій екологічній обстановці їжа може стати джерелом і носієм потенційно небезпечних для людини хімічних і біологічно активних сполук, що є продуктами життєдіяльності мікроорганізмів. З'єднання, небезпечні для здоров'я, містяться як в сировині, так і в харчових продуктах на різних технологічних стадіях переробки, фасування, зберігання і реалізації. У той же час, безпечність та якість їжі – одна з основних умов, що визначають здоров'я нації.

Для зниження вмісту вологи всередині упаковки в полімерний матеріал вводять спеціальні поглиначі, в основному мінеральні (наприклад, цеоліти, пермутити і т.п.) При цьому процес поглинання вологи може супроводжуватися придушенням зростання мікроорганізмів.

В останні роки до складу полімерних пакувальних матеріалів почали вводити ферментні добавки. Особливий інтерес і соціальну значимість мають розробка і використання біологічно активних пакувальних матеріалів з ферментами, іммобілізованими в полімерному матеріалі. Такі матеріали здатні

регулювати склад, біологічну та органолептичну (смак, консистенція, колір і запах) цінність продуктів харчування, прискорювати технологічні процеси одержання готової продукції.

Їстівні покриття

Досить перспективним є також використання таких «активних» оболонок, як їстівні покриття. Плівкоутворюючою основою в цьому випадку є природні полімери – полісахариди. Найбільшого поширення набули похідні крохмалю і целюлози. Властивості цих полімерів дійсно унікальні: маючи прекрасну плівкоутворюючу здатність (їстівні плівки), вони широко використовуються як компоненти харчових продуктів, наприклад, як структуроутворюючих агентів (загусників) в пастоподібній молочній, кондитерській та плодоовочевій продукції. Плівки на основі похідних целюлози (наприклад, карбоксиметилцелюлоза і її натрієва сіль) і модифікованих крохмалів (наприклад, карбоксиметилкрохмаль, КМК) захищають харчовий продукт від втрат маси (за рахунок зниження швидкості випаровування вологи) і створюють певний бар'єр проникненню кисню та інших речовин ззовні, сповільнюючи тим самим процеси, що обумовлюють псування харчового продукту (окислення жиру, денатуралізації білка і т.д.). Їстівні плівки на основі природних полімерів володіють високою сорбційною здатністю, що зумовлює їх позитивний фізіологічний вплив. Так, під час попадання в організм ці речовини адсорбують і виводять іони металів, радіонукліди (продукти радіоактивного розпаду) та інші шкідливі сполуки, виступаючи таким чином у ролі детоксиканта. Завдяки введенню спеціальних добавок – ароматизаторів, барвників – в полімерну оболонку можна регулювати смако-ароматичні властивості власне харчового продукту у їстівній плівці. Таким чином, «активна» їстівна оболонка може змінювати сенсорне сприйняття продукту споживачем, що особливо важливо під час прийому продуктів лікувально-профілактичної дії, наприклад, їжі з пониженим вмістом жиру, сахарози, з додаванням рослинної (наприклад, соєвого) білка. Крім того, здатність їстівної плівки утримувати різні сполуки дозволяє збагачувати продукти харчування мінеральними речовинами.

ПАКУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Пакування хлібобулочних виробів

На сучасному етапі пакування хлібобулочних виробів набуває все більшої актуальності. Під «упаковкою» розуміють не тільки загорнуті у пакувальний матеріал або упакований у коробку і пакет один чи кілька виробів, а також тару, в яку упаковані вироби з метою поліпшення ефективності зберігання й транспортування. Цей термін також розкриває технологічний процес виготовлення споживчої тари і пакування виробів в упаковку, що призначена для них і укладання групи виробів в єдину транспортну тару. Також упаковкою вважають засоби або комплекс засобів, які забезпечують захист продукції від навколишнього середовища, пошкоджень і втрат, а також гарантують належне транспортування, зберігання і реалізацію.

Упаковка для хліба виконує декілька функцій, з яких найбільш важливими є: захисна, збільшення термінів зберігання, інформаційна, маркетингова.

Перша забезпечує захист виробів від дії зовнішніх факторів вологи, комах, пилу, механічного пошкодження, втрати товарного вигляду в ланцюгу товаропросування, у тому числі під час завантаження і розвантаження, транспортування, реалізації.

Під час зберігання хліб черствіє внаслідок фізико-хімічних процесів, пов'язаних зі старінням клейстеризованого крохмалю. Під час старіння структура крохмалю ущільнюється, відбувається часткове виділення вологи, яка поглинулася під час клейстеризації і вона адсорбується білками м'якушки. Повністю попередити старіння м'якушки не вдається, але упаковка сповільнює цей процес, збільшує тривалість зберігання хліба від трьох до п'яти діб.

Інформаційна функція досягається нанесенням на плівку друкованого зображення, яке дозволяє покупцю ідентифікувати вид хліба, встановити його склад, час виготовлення, харчову цінність тощо. Упаковка повинна бути прозорою, щоб покупець зміг візуально оцінити якість і привабливість виробів.

Маркетингова функція досягається прозорою глянцевою упаковкою з яскравим малюнком, яка змушує покупця звернути увагу на даний товар і в майбутньому легко відрізнити його від інших, що відіграє важливу роль у збільшенні обсягу продажу.

Для упакування хліба пропонуються такі матеріали: папір, вощений папір, поліетилен, БОПП, поліпропілен, ПВХ. Не використовується для пакування хліба целофан або гідроцелюлозна плівка, які досить дорогі. Не всі види паперу можуть застосовуватись для упакування хліба. Більше підходять спеціальні сорти паперу, але пакети з них будуть порівняно високої вартості. В деяких магазинах продавці вкладають хліб у паперові пакети безпосередньо при відпуску. Завдяки непрозорості паперових пакетів порушується інформативна функція упаковки. Використання ПЕНТ або НДП для упакування хліба також вважається проблематичним. Перш за все, ці матеріали з низькою прозорістю, один з них мутніший, інший – ледь прозоріший, але хліб у них завжди виглядає, як за матовим склом і втрачає частину своєї привабливості. Крім цього, вони не мають необхідних для зберігання хліба бар'єрних властивостей, тому пакети з них часто перфоровують. Більш прогресивними вважаються поліпропіленові (орієнтовані або неорієнтовані) і полівінілхлоридні плівки.

В цілому поліпропілен вважається найбільш сприятливим матеріалом для пакування хліба: упаковка із поліпропілену дозволяє збільшити термін зберігання від 3 до 5 діб. Вона характеризується відмінною прозорістю і глянцем, завдяки чому хліб у такому пакеті виглядає яскраво і привабливо. Упаковка має високу міцність та еластичність, добре зварюється, пакет можна піддавати стерилізації сухим гарячим повітрям, перфорований пакет дозволяє упакувати гарячий хліб, а на пакет наносити друковане зображення.

Найбільш часто в хлібопекарній промисловості використовують пакувальні плівки (26%) і пакувальні папери (34%). Із плівкових матеріалів

найбільшу кількість займають поліпропілен (29%) і пористі багатошарові комбіновані плівки (18%).

Пакування кондитерських виробів

Упаковка кондитерських виробів має забезпечувати індивідуальність, вражати своєю фантазією і сприяти швидкій реалізації товару. Із плівкових використовують індивідуальні, орієнтовані, а також ламіновані, металізовані та інші матеріали. Широкого розповсюдження набули комбіновані та багатошарові плівки. Створення комбінацій різних матеріалів відкриває широкі можливості їх модифікації для надання унікальних властивостей розробленої упаковки. Завдяки цьому вироби зберігають свої властивості більш тривалий період. За останній час під час конструювання багатошарових пакувальних матеріалів використовують металізацію полімерних плівок, наносячи дуже тонкий шар на їх поверхню.

Великі кондитерські підприємства мають у своєму складі спеціалізовані підрозділи, які професійно займаються поліпшенням упакування продукції. Постійно вдосконалюються конструкції упаковки, використовуються нові пакувальні матеріали і технології. Найбільш помітно зростає використання новітніх комбінованих і полімерних пакувальних матеріалів, особливо гнучких плівок. Пакувальні плівки для кондитерських виробів повинні мати багатофункціональні властивості:

- захищати кондитерські вироби від забруднення, механічних пошкоджень, злипання, висихання, окислення;
- забезпечувати жиро- і вологостійкість, антиадгезійні властивості;
- утворення відповідної упаковки, зварюваність, здатність отримувати певні форми тощо;
- адаптація до фасувального пакувального обладнання, технологічність під час здійснення пакувального процесу (антистатичні, ковзаючі властивості, міцність, жорсткість тощо).

Види плівок залежать від особливостей кондитерських виробів, типу обладнання, умов зберігання, транспортування та реалізації. Для упакування більшості кондитерських виробів випускають сучасні біоксальноорієнтовані поліпропіленові плівки. Прозорі плівки і перламутрова використовуються для упакування драже, дрібної карамелі, шоколадних батончиків і цукерок збільшеної форми, східних солодоців, пастило-мармеладних виробів, печива, крекерів, пряників, вафель, тортів, кексів тощо. Ці плівки мають меншу густину, ніж поліетиленові.

Для упакування цукерок, ірису і карамелі випускають комбінований матеріал на основі металізованої плівки і парафінованого паперу. Металізований шар забезпечує захист від вологи, проникнення сонячних променів і поліпшує зовнішній вигляд виробу. Парафінування запобігає проникненню жиру на папір і тому можна упакувати гарячі вироби, наприклад ірис.

Металізована вакуумна упаковка суттєво збільшує строк придатності галет, виготовлених на імпорتنій пальмовій олії.

Для високоякісних кондитерських виробів з тривалим строком зберігання використовують багатошарові комбіновані плівкові матеріали, в яких шари поліетилену, поліпропілену, поліаміду, поліетилентерефталату та інших полімерів можуть поєднуватися з алюмінієвою фольгою і папером. Сполучення шарів здійснюється кашируванням за допомогою одно- і двокомпонентних клеїв, які не містять розчинників. Багатошарові плівкові матеріали мають високі бар'єрні і фізико-механічні властивості, гармонійний зовнішній вигляд і міжшаровий друк, захищений від пошкоджень.

Упаковка для fast-food

Чисельні фірми харчового спрямування продовжують розширювати асортимент продукції, підсилюючи провідні напрями розвитку, основними з яких є підвищення «зручності», тобто забезпечення швидкої підготовки до споживання, підсилення функціональної (лікувальної і оздоровчої) дії, забезпечення екологічної чистоти продукції і повної безпечності для споживача. Значна увага приділяється надійності упаковки, її легкої утилізації після споживання продукції та зручності використання. Так, значно розширила асортимент продуктів швидкого приготування (сніданків, соків, десертів та ін.).

Кожний заклад усе частіше застосовує упаковку з корпоративною атрибутикою (стаканчики з логотипом, новий дизайн для картонних коробок або соусників). Переважно використовують стакани із спіненого полістиролу, який підтримує температуру, на нього можна наносити відповідний друк, а також паперові стакани, які вважаються екологічно чистими, і підтримують відповідну температуру. Для салатів застосовують не лише готові коробочки, але й розробляють індивідуальні для відповідного закладу.

Новим напрямом на ринку послуг швидкого харчування стала доставка обідів в офіси. Він вимагає певних пакувальних рішень для доставки гарячої та холодної їжі на великі відстані із збереженням усіх її органолептичних властивостей. Тому піцу доставляють у картонних коробках різного формату, більш складну їжу – у термобоксах, які зберігають її гарячою чи холодною і істять до 40 порцій. Блістерну упаковку використовують для того, щоб клієнт зміг забрати з собою частину їжі, і ця послуга розповсюджена в Європі.

Рідка гаряча їжа (бульйон, борщ, суп) у класичних fast-food, а також сандвіч-барах пропонується рідко. Для гарячої їжі використовують полістирольні стаканчики, а для багатьох продуктів (майонез, гірчиця, кетчуп, згущене молоко, мед, гарячий бульйон) – туби. У fast-food цукор подається в одноразових пакетиках – стиках до чаю і кави, сіль і перець фасують у стик-пак, або пакети з фірмовими логотипами.

«Дихальна» упаковка для свіжих овочів і фруктів

Споживання овочів і фруктів в упакованому вигляді з довготривалим збереженням свіжості зростає у всьому світі. Ринок цих продуктів поділяється на три великих сектори: гуртова торгівля, ресторанне господарство (ресторани, готелі тощо), роздрібна торгівля. Різні фрукти і овочі (індивідуальні, у суміші, у наборі) потребують упаковки, яка б запобігала їх зовнішньому забрудненню, як механічному, так і мікробному або грибковому.

Найбільш широко розповсюджені такі види упаковок: піддончик, загорнутий у м'яку прозору плівку, і повністю загорнутий пакет із полімерної плівки. Плівки для упаковки овочів і фруктів повинні мати привабливий зовнішній вигляд (високу прозорість, блиск, відсутність мутності), термозварюваність, високі механічні властивості. Зі специфічних вимог відокремлюють особливу газопроникність. Необхідність у такій газопроникності зумовлена тим, що свіжі овочі і фрукти, які фасують в упаковку, дихають – поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ та водяні пари. Навіть ті овочі, які майже не дихають у цілому вигляді, починають інтенсивно «дихати» розрізаними, наприклад морква.

Завдяки процесам дихання (респірації) склад повітря всередині упаковки змінюється, модифікується. У герметричній упаковці виникає анаеробна атмосфера з високою вологістю, яка згубна для овочів і фруктів, тому разом з упакованим продуктом повинна «дихати» і упаковка.

Плівки для тонких упаковок називають «дихальними». «Дихальні» плівки для упаковки свіжих і нарізаних овочів повинні мати визначене співвідношення між проникливістю кисню і вуглекислого газу. Кисень потрапляє всередину упаковки ззовні і поглинається упакованим продуктом; CO₂ утворюється всередині упаковки за рахунок дихання продукту і прагне там накопичуватись. Швидкість його відведення із упаковки за рахунок проникності пакувальної плівки має бути вищою, ніж швидкість надходження кисню. Оптимальним співвідношенням щодо проникності CO₂:O₂ вважається 3:5. У результаті процесів дихання і дифузії всередині упаковки встановлюється динамічна рівновага газів, яка надалі мало змінюється.

Упаковані продукти «видихають» також водяні пари, які в результаті накопичення всередині упаковки можуть досягати стану насичення і зумовлювати конденсацію води на внутрішній поверхні плівки. Така упаковка втрачає привабливість, а внутрішня атмосфера стає сприятливою для розвитку всіх видів пліснявих грибів. Тому упаковка повинна мати також визначену проникливість до парів води.

Перфоровані плівки, які широко використовуються як «дихальні», наприклад для упаковки хлібобулочних виробів, не придатні для упаковки нарізаних плодів, оскільки не забезпечують захист від бактеріальних і механічних забруднень.

Як видно із наведених даних, завдання створення упаковки зводиться до підбирання плівки відповідної товщини із потрібного матеріалу. Більш високі коефіцієнти газопроникності мають плівки із пластифікованого ПВХ і особливо із високопрозорих стиролбутадієнових співполімерів (СБС). Крім високої газопроникності, вони відрізняються також привабливим зовнішнім виглядом – однією із найвищих для полімерних плівок прозорістю та блиском. Така прозорість є необхідною умовою упаковки свіжих і особливо нарізаних овочів та фруктів, оскільки покупець обов'язково хоче переконатися у свіжості продукту, відсутності псування, забруднень, а блиск надає такій упаковці додаткову привабливість.

Пакування молока і молочних продуктів

За останні десятиріччя валове виробництво молока і молочних продуктів знизилось, але випуск фасованої молочної продукції в різноманітній упаковці зріс. Раніше для молока, сметани, інших кисломолочних продуктів використовували скляні пляшки із закупорюванням фольгою, а сир кисломолочний загортали у звичайний папір. Зараз використовується різноманітна упаковка за місткістю, формою і використаним пакувальним матеріалом, а також з поліпшеною яскравістю і привабливістю.

Вимоги до упаковки молочної продукції в багатьох аспектах більш жорсткі, ніж для інших харчових продуктів. Вона повинна мати високу механічну міцність, бути стійкою до старіння, відрізнитись жорсткістю або еластичністю залежно від функціонального призначення упаковки, виду фасувально-пакувального обладнання, здатністю до зварювання і забезпечення герметичного сполучення. Пакувальні матеріали мають бути з відповідною газо-паро-, водо- і ароматонепроникністю, вологоміцними і жиростійкими. Всі пакувальні, закупорювальні матеріали і споживча тара повинні бути інертними по відношенню до продукту і при контакті з ним не виділяти шкідливих для здоров'я людини речовин.

У різних країнах використовують певні пакувальні матеріали для розливання питного молока, хоча перевагу надають картонній і полімерній тарі відповідних форм і місткостей. Розповсюджені полімерні пляшки із закручувальними пробками. Користується стійким попитом питне молоко в одноразовій тарі малої місткості. Виробництво питного молока високочастотного оброблення поєднується з необхідністю асептичного розливання, що значно збільшує витрати і зумовлює пошуки високоякісного теплового оброблення. Дуже важливо підтримувати встановлені температурні режими транспортування, зберігання і реалізації молока.

Важливим показником придатності споживчої тари можна вважати міграційну здатність мономеру стиролу. За даними літератури, для фасування у тару із полістиролу молочні продукти повинні мати температуру не вище 60 °С, а також у технології термостатного сквашування при 38...43 °С протягом 4 год. Для фасування чи розливу молочних продуктів при температурі 60...70 °С обов'язково має бути підтвердження санітарно- епідеміологічним висновком. Споживча тара із полістиролу не може бути рекомендована для технологій гарячого розливання, тобто вище 70 °С.

У більшості країн розроблено і освоєно промисловий випуск широкого асортименту пакувальних матеріалів, закупорювальних засобів і споживчої тари для молочних продуктів різної консистенції, функціонального призначення, термінів зберігання і реалізації.

Молоко розливають у пакети з поліетиленових або багатошарових плівок, сир фасують у вакуумну упаковку, кисломолочні продукти у пакети із комбінованих матеріалів на основі картону або термоформовану упаковку із полістиролу і поліпропілену, що закупорюється кришками із цих самих матеріалів або із алюмінієвої фольги.

Поліетиленова плівка дуже широко використовується у молочній промисловості. Для надання світлозахисних властивостей в її склад вводять дрібно-дисперсний двоокис титану, що забезпечує білий колір. З метою поліпшення переробки на фасувальному обладнанні в рецептуру включають агенти, які поліпшують ковзання. Плівку використовують для виготовлення м'яких пакетів і туб, в які фасують молоко, молочні напої, дієтичний сир, сметану низької жирності. Ці плівки виготовляються на основі поліетилену низького тиску, який має обмежену жиростійкість, тому у нього не можна фасувати сметану і молочні продукти з високою жирністю.

Матеріали комбіновані на основі картону і паперу призначено для виготовлення пакетів різної конфігурації типу Тетра-брік, Тетра-брік-асептик, Пюр-Пак, Тетра-Рекс та ін. для молока і кисломолочних напоїв і виготовляються методом екструзійного ламінування. Наявність у комбінованих матеріалах паперу забезпечує жорсткість, каркасність та інше, а алюмінієвої фольги – бар'єрні властивості, внутрішній поліетиленовий шар – санітарно-гігієнічну чистоту і термозварювальність.

Термоформована і видувна тара у вигляді коробочок і стаканчиків різної місткості та конфігурації використовується для фасування молочних продуктів пастоподібної консистенції. Її готують із рулонних матеріалів на основі термопластичних полімерів: ударно-міцного полістиролу, пластифікованого полівінілхлориду, поліпропілену. Стаканчики готують із полістиролу та поліпропілену.

Залежно від використаної сировини пляшки можуть бути прозорі або забарвлені, а від застосованого екструзійно-видувного обладнання – різних форм, конфігурації, місткості тощо.

Вибір певної упаковки залежить від складу та інших властивостей молочних продуктів. Найбільш перспективними пакувальними матеріалами для молочної продукції вважаються жорсткі полімерні плівки (ПП, ПС, ПВХ), комбіновані матеріали на основі картону з різним складом і кількістю шарів та деякі гнучкі пакувальні плівки. В числі останніх найбільш часто застосовують одно-, а рідше багат шарові плівки на основі ПЕ і ПП, з яких виготовляють пакети для сметани, ряжанки, кефіру і сиру.

Для пакування молочних продуктів широко застосовують комбіновані матеріали на основі картону. Багат шаровість такої упаковки і наявність у складі алюмінієвої фольги, ПЕ, адгезивів, воску і картону різних марок та призначення забезпечує необхідний комплекс фізико-механічних, санітарно-гігієнічних та інших споживних властивостей. Упаковку з цих матеріалів легко вкладати у транспортні блоки і відкривати, вона стійка, на ній можна розмістити достатньо інформації для покупця. З урахуванням високої собівартості цього матеріалу частіше для фасування продуктів використовують пакети об'ємом 0,5 л і вище.

Жиростійкі папери, пергамент, папір з покриттям алюмінієвою фольгою використовують для упакування сиру кисломолочного і продукції на його основі. Такі продукти у вигляді брикетів різних розмірів і маси загортають у ці матеріали на спеціальному обладнанні. При цьому важливим є гарантований термін

придатності сиру кисломолочного і відповідної продукції залежно від виду упаковки.

Необхідною умовою для забезпечення якісного зберігання є герметичність упаковки. З цією метою використовують спеціальну конструкцію верхньої частини тари, а для герметизації застосовують листи із полімерних матеріалів у вигляді кришок, які закриваються, або кришок, які приварюються до тари.

Для кисломолочних продуктів за санітарно-гігієнічними характеристиками пакети Doу-Pack перевершують багато видів упаковок. Пакувальні матеріали (полеолефіни, поліаміди, поліефіри), які використовують для виготовлення цих пакетів, є найбільш безпечними у санітарному й екологічному аспектах. На основі цих матеріалів виготовляють ламінати із застосуванням міжшарового друку, захищеного від різних дій шаром прозорого полімеру. Внаслідок цього ламінований матеріал набуває особливих санітарно-гігієнічних властивостей, виключає залишковий запах фарби і міграцію її компонентів в упакований продукт.

Масло коров'яче характеризується високою харчовою цінністю і для збереження його початкових властивостей важливо використовувати високоєфективні таропакувальні матеріали у поєднанні з умовами зберігання. Ці матеріали не повинні впливати на смак, запах, колір і зовнішній вигляд, мати високу волого- та жиростійкість, відповідні гігієнічні, механічні властивості і забезпечувати кольоровий друк.

Традиційною упаковкою для фасування масла у вигляді брикетів є алюмінієва фольга каширована, пергамент, підпергамент, часом у поєднанні з полімерними матеріалами. Фольга забезпечує певну ізоляцію продукту від зовнішнього середовища, виключає поверхневе пожовтіння, втрати і підвищує термін придатності масла. Жорстка тара із полімерних матеріалів для фасування коров'ячого масла за показниками ефективності використання прирівнюється до фасування масла батончиками. Матеріал, що застосовується під час виробництва жорсткої тари, сприяє нанесенню різнокольорового друку і етикетного тексту. Переважно використовують поліпропілен, а місткість одиниці упаковки у формі стаканчиків, коробочок складає від 100 до 1000 г. Тару закупорюють знімальними кришками з герметизуючою прокладкою або без неї.

Упаковка для сирів повинна бути нетоксичною, механічно міцною, водо-, жиро- і стійкою до мікробіальної дії, екологічно безпечною, економічною, технологічною та естетичною, мати селективну газо- і паропроникність. Крім того, передбачені деякі вимоги, пов'язані з особливостями самого продукту. Зокрема, для упаковки твердих сирів важливим є висока жиростійкість і низька жиропроникність. Під час дозрівання сирів плівка повинна бути селективнопроникною та еластичною. Захист твердих сирів від дії зовнішнього середовища здійснюється за такими напрямками: використання сплавів (полімерно-парафінових, парафіново-воскових); латексних систем (покриттів із водних дисперсій полімерів); готових пакетів із полімерних плівок; комбіноване застосування цих матеріалів (латексна оболонка на певному етапі дозрівання або по закінченні дозрівання наноситься шар сплаву).

Пакування жировмісних продуктів

Для упаковки оліє-жирової продукції необхідно використовувати матеріали, які відповідають таким вимогам: хімічною стійкістю до дії компонентів упакованого продукту і оточуючого середовища, відповідністю санітарно-гігієнічним нормам, удароміцністю і пластичністю, низькою водо-, паро-, газо- і жиропроникністю, здатністю витримувати різні температури, простотою технології виготовлення, економічністю, декоративністю. Цим вимогам відповідають: пергамент марки ВН (непрозорий), папір жиростійкий, підпергамент харчовий жиростійкий марки ПЖ, папір пакувальний вологонепроникний.

Майонез. З урахуванням складу, технологія виробництва майонезу передбачає застосування жиро- і вологостійких пакувальних матеріалів, непроникних для кисню і ароматичних речовин.

Скляні банки з обжимною кришкою раніше займали провідне місце для фасування майонезу. В останні роки розширився асортимент банок і з'явилась можливість упакування у банку під кришку «твіст-офф» вітчизняного виробництва.

Поряд зі склотарою, зростає частка упаковки із полімерних матеріалів – пакет із трьохшарової поліетиленової плівки (60...80 мкм). Його застосування обумовлене низькою собівартістю, оскільки він у 8,5 раза дешевший, ніж скляна банка. З такою упаковкою непотрібним стає енергомістке і габаритне миюче обладнання, автомати закупорювання та етикетування. Крім того, схема упакування не передбачає конвеєрних систем і машин для групової упаковки, як у випадку зі склотарою.

Більш досконалою вважається упаковка із комбінованих полімерних матеріалів – пакети типу «Доу-Пак» (стоячий пакет) і «Тетра-Пак» (у вигляді тетраедра). Така упаковка вигідно доповнює високоякісний продукт, а застосування багатошарових плівок дає можливість підвищити не лише міцнісні характеристики, але й бар'єрні властивості пакета. Різні комбінування полімерів дозволяє продовжити терміни зберігання продукту.

Упакування маргарину здійснюється у прямокутні пакети, брикети або пластикові баночки (м'який маргарин). Виробники тари і упаковки оцінюють такий ринок як «консервативний».

В останні роки у зв'язку з появою ряду нових продуктів, зокрема спредів – з пониженим вмістом жирів, трансізомерів і холестерину, розроблено нові види пакувальних матеріалів і форм контейнерів, які дозволяють краще диференціювати торгову марку і підкреслюють ексклюзивність продукту.

Однією з основних вимог до пакувальних матеріалів для маргаринової продукції є захист її від УФ-випромінювання. Під дією подібних чинників активізуються окислювальні процеси, що призводить до погіршення органолептичних показників, зміни забарвлення і в цілому – зниження харчової цінності продукту.

Традиційно для фасування маргаринів використовують жиростійкий папір із шаром фольги назовні. Цей матеріал за останні роки суттєво змінився: широко

застосовують кольоровий друк, що створює більш привабливий вигляд упаковки. Досить популярною є срібна або голуба фольга для «дієтичних» і золотиста – для найбільш високоякісних видів масла.

У жировій промисловості широко застосовується алюмінієва фольга, металізований папір і плівки. У маргарині можливе утворення дефекту «сльоза» у вигляді крапельок вологи, які конденсуються на поверхні полімерної тари.

Для надійного захисту цих продуктів використовують металізований папір або фольгу. Здатність фольги набувати заданої форми відрізняє її від пластиків, для яких потрібне гаряче зварювання тари. Мембрана із фольги у пластмасовій тарі не лише захищає верхній шар продукту, а й дозволяє споживачеві після її відкриття запобігати дії світла.

Останніми досягненнями у світовій практиці можна вважати впровадження активного фасування. Це нова концепція, основна ідея якої полягає в наданні тарі для фасування визначених якостей, які відповідають характеристикам фасованого продукту. Наприклад, матеріал, спроможний поглинати гази, використовується разом із фольги для продукції, яка виділяє вуглекислий газ (при зберіганні сиру), або світлонепроникна упаковка для жирових продуктів. Активне фасування забезпечує повний світловий бар'єр і повітрянepоникність та одночасно дає можливість за рахунок свого дизайну підкреслити якість продукту.

Пакування смакових товарів

Горілка і лікero-горілчані вироби. На стійкість лікero-горілчаних виробів суттєво впливає якість скла пляшок. Під час зберігання горілки велике значення має матеріал споживчої тари, оскільки в цей період у продукті відбуваються процеси окислення, вилужування окремих компонентів із води. Під час використання скляних пляшок необхідне якісне скло, що можна оцінити за водостійкістю тари.

Важливою функцією пакування лікero-горілчаних виробів є захист споживача від фальсифікованої продукції, тому частка вартості елементів пакування постійно зростає. Для більшості фірмових видів горілок вищого класу і якості, важливим елементом можна вважати форму пляшок, її дизайн, особливості обробки і декорування скла з якого виготовлено тару, високоякісна поліграфія і своєрідна пробка. Ексклюзивна пляшка характеризує особливості горілки, наявність на дні пляшки прорізів свідчить про використання сучасного обладнання.

Декорування надає пляшці особливий шарм, перетворюючи її в оригінальну і неповторну. Дизайнерське рішення у більшості випадків є гарантом захисту продукції від підробки.

Упакування виноградних вин. Скляна пляшка – традиційна тара для вина. Форма, розмір, колір пляшки несе в собі інформацію про вино. Циліндрична форма більшості пляшок обумовлена зручністю їх горизонтального зберігання в погребях. У такому стані пробка залишається вологою, тим самим захищає вино від контакту з повітрям.

Зараз у світі існує багато різновидів скляної тари для вин. За формою їх поділяють на сім основних типів: *бордоська* – з крутими «плечиками», що призначена для утримання можливого осаду, є найрозповсюдженішою і використовується для зберігання вина; *бургундська* – пляшка з покатыми «плечиками»; *рейнська* – пляшка витягнутої форми; *провансальська* – пляшка, яка нагадує амфору; *шампанська* – товстостінна пляшка, здатна витримувати високий тиск; *боксбойтель* – пляшка, що зовні нагадує приземкувату флягу; *буддель* – пляшка у вигляді трикутника. Стандартною винною вважається пляшка місткістю 0,7...0,75 л.

Столове вино у багатьох країнах (Італія, Іспанія, Франція, Аргентина) розливають у пакети Tetra Brik Aseptic. Пакувальний матеріал, який використовується для цих пакетів, являє собою 6-шаровий ламінат поліетилену, паперу і алюмінієвої фольги. Такий склад захищає вино від дії оточуючого повітря, світла, повністю зберігає його якість, включаючи нестійкі й леткі ароматичні речовини. Цей матеріал нейтральний і не впливає на якість вина. Підробити таку упаковку набагато складніше, ніж пляшку.

Упакування пива. Основну кількість пива розливають у скляні пляшки, частка яких досягає 50%, а ПЕТ – 35%, кеги – близько 13%, алюмінієві банки – у межах 2%.

Перевага надається однолітровим пляшкам, які займають 75% серед усіх пивних преформ, тоді як 2-літрові – 15% і 1,5-літрові – 10%.

Пакування слабоалкогольних напоїв. Слабоалкогольні напої в основному розливають у пляшки. При цьому кожний виробник застосовує індивідуальний дизайн.

Упакування соків і напоїв. Упаковка є важливим елементом у виробництві соків. Постійно відбуваються суттєві зміни з упаковками відомих марок соку. Раніше для розливу соків широко використовували скляні банки різної місткості (від 0,2 до 3 л). В останні роки застосовують упаковку Tetra Brik Aseptik місткістю від 0,2 до 1,5 л (деякі марки – 2 л), а також упаковку типу Doy-Pack місткістю 0,2 л. Остання має характерні для ламінатів високі бар'єрні властивості, зокрема, не пропускає сонячне світло та відрізняється низькою проникністю до кисню й водяної пари.

Упаковка для напоїв, у тому числі скляні пляшки, закупорювальні засоби і етикетки, здебільшого відносилася до «елітної» харчової упаковки. Внутрішній ринок пропонує широкий асортимент скляних і полімерних пляшок, металевих банок, високоякісну етикеткову продукцію, закупорювальні засоби, гофрокартонні коробки тощо. Швидкими темпами розвивається машинобудування для розливання і пакування напоїв. Це виробництво значною мірою залежить від обладнання, технологій і сировинних засобів: картону, паперу, жерсті, фарб, комплектуючих виробів та ін.

Упаковка із поліетилентерефталату, поліаміду та інших полімерів із тришаровою структурою має пасивну бар'єрну дію відносно кисню. Але вона не може ефективно запобігати проникненню кисню, який знижує якість продукту під час зберігання. Створено «активний» бар'єрний матеріал, який зв'язує кисень

і не дозволяє йому контактувати з продуктом. Цей матеріал діє, як губка, забезпечуючи тим більше зв'язування, чим вища проникність кисню, має добру прозорість і властивості поверхні та може інтегруватися в існуюче устаткування.

Упакування кави і чаю. Кава надходить у зернах або у вигляді порошку і гранул у дрібному фасуванні. В Україні каву розмелюють, роблять суміші із різних сортів і пакують. Важливим аспектом щодо фасування виступає збереженість кавового аромату, який можуть забезпечити лише ламінати. Для збереження аромату під час багаторазового відкривання упаковка повинна мати «зіп»-застібку. На ринку з'являються подібні упаковки для розчинної кави – Doу-Pack місткістю від 50 г до 1 кг. У крупногабаритні Doу-Pack можна фасувати каву в «стік»-упаковці.

Для забезпечення збереженості аромату чаю і попередження проникнення вологи всередину застосовують комбіновану упаковку. Пластмасовий пакет з чаєм вкладають у картонну коробку, на яку наносять інформацію про виробника продукту. Засобом від підробки виступають голографічні наклейки.

Пакування м'яса і м'ясних продуктів

Для пакування і формування м'ясних виробів застосовують різноманітні форми, штучні й натуральні оболонки, плівки. Недавно створено спеціальні термозварювальні пакувальні матеріали, які мають високі захисні властивості у поєднанні зі стійкістю до біокорозії, і є екологічно та гігієнічно безпечними.

Нові багатошарові пакувальні матеріали відрізняються підвищеною антимікробною, протипліснявою, антидріжджовою активністю. Вони призначені для пакування, у тому числі вакуумного, багатьох м'ясних продуктів, у першу чергу делікатесних, для збільшення терміну їх зберігання та зручності споживання.

Значна увага приділяється дрібному фасуванню готових до споживання м'ясних виробів: м'ясо тушковане, сосиски, сардельки. Тара і упаковка можуть мати різну форму, відрізнятися тривалістю зберігання виробів у відповідній тарі. З урахуванням цього використовують різноманітну полімерну тару, лотки, ковбасні оболонки тощо.

Середній строк зберігання (6...10 діб) гарантує упаковка у модифікованому газовому середовищі, яка передбачає використання бар'єрної упаковки, заповненою сумішшю кисню для збереження природного червоного кольору м'яса, і діоксиду вуглецю – для попередження росту бактерій.

Патентується упаковка, яка призначена для зберігання відрубів м'яса на кістках. Вона має подвійну структуру, яка утворюється двома окремими мішками. Перший термозварювальний мішок виготовлений із багатошарової термоусадкової плівки, має нижній поперечний зварний шов і відкриту верхню частину, через яку вкладають шматок м'яса. На ділянці зварювального шва зроблено вентиляційний отвір. Другий зварювальний мішок також виконаний із багатошарової термоусадкової плівки, має нижній поперечний зварювальний шов без розривів і верхню відкриту частину, через яку поміщають перший мішок з м'ясом. Плівка, з якої виготовлено перший мішок, має бар'єрні властивості і після герметизації забезпечує надійне зберігання м'яса.

Термоупаковка може подовжити термін реалізації варено-копчених виробів до 15, а сирокочених – до 30 діб. Завдяки такій упаковці делікатесні вироби стають доступними для споживача. Наприклад, вакуумна нарізка виробів малої маси, невисокої ціни забезпечує необхідну доступність продукту, і термін придатності сервірованої нарізки до 10 діб.

Зберігання м'яса в атмосфері вуглекислого газу з невеликим надлишковим тиском (0,3 бар) у герметичній упаковці при температурі 1 °С дає кращі результати, ніж відомі режими із застосуванням газових сумішей (кисень-водень). При цьому низький залишковий вміст кисню 0,2% (можлива й більша концентрація) попереджує поверхнєве потемніння м'яса, характерне для вуглекислих середовищ із підвищеним тиском кисню (5...20 мм. рт. ст.). В умовах достатньої герметичності упаковки невелика кількість залишкового кисню повністю поглинається продуктом унаслідок різних біохімічних процесів і життєдіяльності аеробних мікроорганізмів. Це виключає можливість утворення метгемоглобіну і природне поверхнєве потемніння.

Запропоновано режим зберігання в атмосфері вуглекислого газу з газонепроникною упаковкою при температурі, близькій до початку замерзання. Він дозволяє зберегти органолептичні властивості продукту протягом кількох тижнів.

Питання для самоконтролю

1. Основні функції упаковки.
2. Вакуумна упаковка.
3. Асептична упаковка.
4. Методи стерилізації асептичних упаковок.
5. Упаковка з газовим наповненням.
6. Активна упаковка для харчових виробництв.
7. Бактерицидні пакувальні матеріали.
8. Їстівні покриття.

Література

1. Пакет візуального супроводження (електронний ресурс) дисципліни «Наукові основи виробництва та зберігання харчової продукції» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії» ступеня вищої освіти магістр денної та заочної форми навчання / укладач Фоцан А. Л. Харків : ДБТУ, 2022.
2. Теоретичні основи харчових технологій : підручник / П. П. Пивоваров, [та ін.] ; за ред. П. П. Пивоварова. Харків: ХДУХТ, 2019. 320 с.
3. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів: підруч. для студ. ВНЗ / Соколенко А. І. та ін. Київ: Кондор, 2015. 324 с.
4. Конвісер І. Ю. Болілий О. С. Наукові основи зберігання харчових продуктів: навч. посіб. Київ: Київ. нац. торг. екон. ун-ситет, 2001. 236 с.
5. Баль-Прилипко Л. В. Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса : підручник. Київ: 2010. 469 с.
6. Бессараб О. С. Технологія сушіння плодів та овочів : конспект лекцій для студентів спец. “Технологія зберігання, консервування та переробки плодів та овочів” / О. С. Бессараб, В. В. Шутюк; нац. ун-т харч. технологій. Київ: НУХТ, 2002. 83 с.
7. Савченко О. А. Сучасні технології молочних продуктів: підручник / О. А. Савченко, О. В. Грек, О. О. Красуля. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 218 с.
8. Ситнікова Н. О., Фоміна К. Ф., Дудник Л. І., Кузьменко Л. І. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції: навч. посіб. Київ: Аграрна освіта, 2008. 304 с.
9. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание /под ред. Р.Стеле; пер. с англ. СПб.: Профессия, 2006. 480 с.
10. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К. Л. Паркин, О. Р. Феннема (ред.-сост.). Перев. с англ. СПб : Профессия, 2017. 1040 с.
11. Хімія смаку, кольору та запаху : навч. посіб. / уклад. С. Д. Борук, В. В. Дійчук, М. М. Воробець, О. В. Сема. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Юрія Федьковича, 2020. 80 с.
12. Забезпечення та хімічний контроль якості харчових продуктів : навч. посіб. / Р. П. Влодарчик, І. М. Кобаса, М. М. Воробець, І. В. Кондратьєва, А. В. Сачко. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2015. 336 с.
13. Інструментальні методи аналізу харчової продукції : навч.-метод. посіб. / уклад.: А. В. Сачко, В. В. Дійчук, М. М. Воробець, О. В. Сема. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Юрія Федьковича, 2020. 80 с.
14. Технологічна експертиза харчової продукції : навч.-метод. посіб. / укл.: В. М. Федорів, І. М. Кобаса, В. В. Дійчук. Чернівці: Чернівец. нац. ун-т імені Юрія Федьковича, 2020. 180 с.
15. Іваненко Ф. В., Сінченко В. М. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. Київ : КНЕУ, 2005. 221 с.
16. Харчові технології – сайт для студентів які навчаються за спеціальністю «Харчові технології». URL: <https://foodtechnology.pro/>.

Навчальне видання

НАУКОВІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії»
СВО магістр денної та заочної форми навчання*

Укладач:
ФОЦАН Андрій Леонтійович

Відповідальний за випуск А.Л. Фоцан

План кафедри 2022-2023 н.р., поз. 15.2.

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman. Папір для цифрового друку.
Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 12,0. Наклад 50 прим.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44