

## Особливості харчових продуктів та їх виробництва

Головним фаховим завданням інженера-технолога харчових виробництв є організація і проведення технологічних процесів, під час яких харчова сировина перетворюється у готову продукцію. Незважаючи на те, що існує безліч конкретних технологій, всі вони базуються на загальних законах фундаментальних наук і принципах побудови технологічних процесів. Предметом навчальної дисципліни «Теоретичні основи технологій харчових виробництв» є вивчення загальних закономірностей – фізичних, хімічних, біологічних, технологічних, які пов'язані з технологіями виробництва харчових продуктів.

### Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення дії законів фундаментальних наук в технологіях харчових виробництв;
- забезпечення загальних принципів безпеки харчових виробництв – медико-біологічних, санітарно-гігієнічних, технічних та споживчих до продовольчої сировини і харчових продуктів;
- визначення основних способів та процесів технологічної обробки сировини, а також способів запобігання її негативного впливу на харчову та біологічну цінність продуктів.

## Сировина харчових виробництв та шляхи розширення сировинної бази

Характерною особливістю харчових продуктів, як об'єктів виробництва є висока ступінь залежності їх якості від якості вихідної сировини. Тому у харчових виробництвах сировині приділяється велике значення.

**Всі види продовольчої сировини** можна поділити на дві групи – неорганічну та органічну. **Неорганічна сировина** менш поширена. До цієї групи відноситься – кухонна сіль, харчова сода, сірчиста кислота та її ангідрид. **Органічна сировина** поділяється за походженням на натуральну, модифіковану та штучну. До **натуральної** сировину відносять природну сировину рослинного, тваринного або мікробного походження, яка не піддавалась промисловій переробці – свіжі плоди, овочі, сире м'ясо та ін., або пройшла первинну переробку – борошно, олія, цукор, солоні напівфабрикати.

**Модифікованими** вважається природна сировина, яка зазнала значної переробки, що призвела до зміни складу, структури, властивостей – білкові гідролізати, розчинні та окислені крохмалі, мікрокристалічна целюлоза, маргарин.

**Штучною** – є органічна сировина, яку отримують хімічним синтезом – синтетичні вітаміни, ароматизатори, барвники, підсолоджувачі, хімічні консерванти і антиокислювачі та ін.

**Органічну сировину в залежності від вмісту певних компонентів класифікують** на вуглеводвмісну, білкову, жирову, ефіроолійну, вітамінну та ін.

**За вмістом води** сировину розділяють на соковиту та суху, **за здатністю до зберігання** – на швидкопсувну та тривалого зберігання.

**За кількістю корисних компонентів** сировину поділяють на *просту*, тобто однокомпонентну, – це сіль, цукор, спирт етиловий, оцет, олія, тваринні жири та ін., і *складну*, тобто багатоконпонентну, – зерно, плоди і овочі, м'ясо, молоко, риба та ін.

**В залежності від вмісту сировини** у готовому продукті її поділяють на основну та допоміжну. Наприклад, для ікри кабачкової основною сировиною будуть кабачки, а допоміжною – олія, томат-продукти, спеції, сіль кухонна.

Крім сировини в харчових виробництвах широко використовують **технологічні матеріали**, за допомогою яких здійснюється технологічний процес виробництва, зберігання та транспортування готової продукції. До них відноситься технічна вода, лід, шпагат, плівка, нитки, пакувальні матеріали, фарби, дрід та ін.

Найбільшу цінність для виробництва харчових продуктів має **натуральна сировина рослинного та тваринного походження**. З рослинної сировини переважно використовують плоди, ягоди та овочі, зерно, олійне насіння, а з тваринної – м'ясо свійських тварин та птиці, риба і рибопродукти, молоко. Яйця, тваринні жири. Ці види сировини розрізняються за своїм складом, харчовою та біологічною цінністю. Кращою вважається **тваринна сировина**. Вона за своїм хімічним складом більш наближена до потреб людського організму, краще засвоюється, має чудові смакові та ароматичні якості. Але ресурси тваринної сировини обмежені і вона має високу вартість. Переробка її складає певні технічні труднощі, тому що сировина швидко псується.

**Рослинна сировина** менш цінна тому, що її склад суттєво відмінний від складу організму людини, вона менш задовольняє потреби людини, гірше засвоюється, але на відміну від тваринної сировини, вона дешевша і ресурси її більш доступні та різноманітні, зберігання і переробка її має менше технічних складностей.

### **Плоди, ягоди, овочі та гриби**

У харчопереробній промисловості використовують близько 40 видів культурних та дикорослих плодів і ягід, понад 60 видів овочів і понад 30 видів грибів. Для оптимального зберігання і переробки необхідно не тільки знати їх хімічний склад, фізичні властивості а і фізіологічні особливості. Більшість видів плодоовочевої сировини є соковитою, містить велику кількість вологи і погано проводять тепло. В процесі зберігання плодоовочева сировина продовжує дихати і при зберіганні у насипному стані має здатність до самозігрівання, відпотівання, підвищення інтенсивності дихання, проростання, псування. Тому для зниження кількості втрат велике значення надається контролю та регулюванню таких факторів, як температура, вологість, газовий склад середовища, цілісність, ступінь ушкодження шкідниками та ін.

**Плоди та ягоди поділяють** на групи: **насіннєві** – яблука, груші, айва; **кісточкові** – абрикоси, персики, вишні, черешні, сливи, алича; **тропічні** – ананаси, манго, папайя; **субтропічні** – грейпфрути, апельсини, мандарини, лимони; **горіхоплідні** – фундук, волоський горіх, каштан, мигдаль; **ягоди** – виноград, полуниця, обліпіха, чорна смородина, порічки, малина, калина, агрус;

**дикорослі** – яблука, груші кизил, терен, горобина, ожина, суниці, шипшина, ліщина, кедрові горішки та ін.

**Овочева група** поділяється на **плодові овочі** – томатні, гарбузові, бобові, зерняткові; **листові** – капустні, салат, шпинат, щавель, ревінь; **цибулинні** – цибуля, часник; **корене- та клубнеплоди** – картопля, буряк, морква, селера. пастернак; **пряні та десертні овочі** – петрушка, кріп, спаржа, артишоки.

Гриби до теперішнього часу перероблялись тільки дикорослі. В останні роки широко переробляють гриби, які вирощувались в штучних умовах на спеціальних ґрунтах. Найбільш поширені печериця і «Тешенка» або глив рот пластинчатий. З дикорослих заготовляють та переробляють переважно білі гриби, польські, підберезовики, маслюки, лисички, рижики, грузді, опеньки та ін.

Добова потреба людини в плодах і ягодах складає – 220 г, в овочах і картоплі – 715 г. Суттєву фізіологічну та технологічну роль відіграють пектинові речовини, які відносяться до розчинних харчових волокон (желювання, прозорість соків, розварюваність та ін.).

**Білки** в плодах і овочах містяться мало – 1-3 %, за виключенням бобових, які містять 5-8 % білка (зелений горох, квасоля).

**Жири** не поширені у плодовоовочевій сировині, за виключенням горіхоплідних – арахіс, волоський горіх, та бобових – соя.

Біологічна цінність їх обумовлена присутністю вітамінів, макро- та мікроелементів та поліфенольних сполук.

### **Зерно та олійна сировина**

Зернові культури є найважливішим сировинним ресурсом харчової промисловості, тому що вони можуть бути джерелом вуглеводів, білків, жирів, вітамінів та мінеральних речовин. У різних видах зерна і насіння вміст білків може досягати 30-45 % (на суху масу), крохмалю та інших вуглеводів – 48-58 %, жирів – 40-60 %, вологи – 12-15 %. Зернові культури служать сировиною для борошняної, круп'яної, крохмале-патокової, хлібобулочної, макаронної, кондитерської та інших підгалузей харчової промисловості.

**За хімічним складом зернові культури** поділяють на три групи:

- вуглеводвмісні – пшениця, ячмінь, овес, кукурудза, рис, просо, гречка;
- білкові – соя, горох зерновий, квасоля;
- олійні – соняшник, льон, соя, рапс, конопля.

З хлібних злаків в Україні культивують переважно пшеницю, жито і ячмінь, з інших зернових – кукурудзу та гречку. Перше місце за площею посівів займає **пшениця**. Вона в залежності від біологічних особливостей буває м'якою і твердою. Кожна з них за терміном посіву може бути озимою та яровою. Найбільш врожайні сорти м'якої пшениці, тому під них засівають найбільші площі.

За хімічним складом і технологічними властивостями м'які сорти пшениці використовують у хлібопеченні, в кондитерській та крохмале-паточній промисловості. А сорти твердої пшениці використовують у макаронному виробництві.

**Жито** – друга за значенням після пшениці зернова культура. Його переробляють на борошно і використовують у хлібопеченні. Житнє борошно має більш цінні білки, більшу кількість моно- і дисахаридів, а також макроелементів.

**Ячмінь** – цінна круп'яна культура, тому значна частина врожаю переробляється на різні крупи. Крім того ячмінь є основною культурою для виготовлення пивного солоду. Саме з ячмінного солоду варять кращі сорти вітчизняного пива.

**Кукурудзу, гречку і просо** переважно переробляють на крупи. З кукурудзи виробляють також крохмаль, глютен (білковий препарат) і олію.

**Горох** вирощують на зерно і як овочеву культуру. Зерно технічної зрілості використовують для виготовлення популярних овочевих консервів «Зелений горошок». Достигле зерно використовують як круп'яну сировину і для виробництва горохового борошна. З нього отримують добавки, які в Україні замінюють імпортні соєві білкові добавки. Соєві білкові добавки широко використовуються при виробництві різноманітних продуктів – від напоїв і кондитерських виробів до м'ясних і молочних виробів.

**Соняшник** – основна вітчизняна олійна культура. Насіння кращих сортів соняшника має олійність 50-55 % і високу врожайність. Відходи олійного виробництва – шрот і макуха, містять 14-19 % білків, тому їх як сировину використовують як сировину для отримання білків. Підсмажене очищене ядро соняшника є цінною сировиною у кондитерському виробництві, хлібопеченні та інших галузях.

**Льон і коноплю** в Україні вирощують переважно як луб'яні культури для отримання волокна.

В останні роки все більшої популярності набуває нова олійна культура – ***рапс***. Його посіви в Україні використовують як кормову культуру і як попередник у сівозмінах. Тільки частину посівів використовують для збору насіння. Рапсова олія має високі якісні характеристики, але містить глюкозид – ерукову кислоту, яка небезпечна для здоров'я людини.

### **М'ясна та рибна сировина**

За обсягами використання сировина тваринного походження посідає друге місце, поступаючись рослинній. З цієї групи сировини найбільшу цінність і застосування мають – м'ясо, субпродукти. Риба, нерибна водна сировина, молоко та яйце продукти. Ці продукти є єдиним джерелом повноцінних білків та незамінних амінокислот. Крім того, сировина тваринного походження є джерелом жирів, які надають продуктам з неї високої калорійності та смакоароматичних якостей. Ця сировина багата макро- та мікроелементами, водо- та жиророзчинними вітамінами, екстрактивними речовинами.

В теперішній час, у зв'язку з швидким псуванням м'ясної сировини, знайшли широке розповсюдження технології виготовлення харчової продукції, в якій тваринна сировина частково замінюється рослинною сировиною. Це дає можливість крім економії, отримати продукти більш збалансовані за хімічним

складом. Харчовою та біологічною цінністю, оскільки тваринна сировина майже не містить вуглеводів.

У свіжому м'ясі, рибі та яйцях на першому етапі зберігання відбуваються складні біохімічні процеси дозрівання (автолізу білків), які змінюють технологічні та споживчі властивості. Як і при зберіганні соковитої плодовоовочевої продукції, важливим завданням технологів є вибір і забезпечення оптимальних умов – температури. Відносної вологості повітря сховищ, інтенсивності вентиляції, санітарного режиму та ін. Тваринна сировина містить багато вологи, яка випаровується при несприятливих режимах.

**М'ясо** є комплексом м'язової, жирової, з'єднувальної, хрящової та кісткової тканини в їх природній комбінації. Хімічний склад, харчова цінність та технологічні властивості м'яса залежать від багатьох факторів – виду, породи, стану, віку, вгодованості тварин, від анатомічної та морфологічної будови. Від терміну та умов зберігання. В залежності від ступеня вгодованості та анатомічної будови м'ясо поділяють на категорії та сорти. Поділ на категорії і сорти залежить також від виду і віку забійних тварин.

Для виробництва харчових продуктів використовують м'ясо, м'ясні субпродукти, кров і кишкові фабрикати великої і дрібної рогатої худоби, свиней, коней, а також м'ясо свійської птиці, кролів, нутрій і диких тварин – лосів, косуль, зайців та дикої птиці. Найбільшу питому вагу займає м'ясо великої рогатої худоби, свиней та свійської птиці. М'ясо є сировиною для виробництва ковбасних виробів, м'ясних копченостей, м'ясних напівфабрикатів, консервів. Значна частина м'яса після зберігання реалізується без переробки в охолодженому або замороженому стані.

**М'ясні субпродукти** – це переважно внутрішні органи, які видаляються під час первинної переробки м'ясних туш. Вони поділяються на групи – м'якотні, м'ясо-кісткові, шерстні, слизові, та категорії в залежності від їхньої будови та харчової цінності. Їх широко використовують при виробництві ліверних ковбас, консервів та як заміники частини м'яса в м'ясних продуктах. Використання субпродуктів дозволяє зменшити витрати м'яса, розширити асортимент і збагатити продукти харчовими волокнами тваринного походження – колагеном, еластином, осеїном. З цією ж метою широко використовують кров великої рогатої худоби і свиней.

При виробництві ковбасних виробів застосовують натуральну оболонку. Її виготовляють з компонентів кишок великої рогатої худоби, свиней та овець шляхом певної обробки та консервування. З відходів шкіряної сировини отримують модифіковану натуральну оболонку, яка має значні переваги над кишковою оболонкою, а тому зараз набула широкого вжитку.

Для виготовлення деяких видів м'ясних консервів сировиною являються ковбасні вироби – сосиски, сардельки, шинка і фарш.

**Риба та інша водна сировина** значно поступається м'ясній сировині за обсягами виробництва та використання, але за хімічним складом, харчовою, біологічною цінністю та калорійністю майже дорівнює їй, а за економічними показниками – перевищує. Світові запаси риби оцінюються приблизно від 800 до 1000 млн тонн, а з врахуванням фіто- та зоопланктону – до 2-3 млрд тонн. Не

порушуючи біологічної рівноваги, можна щорічно здобувати від 300 до 500 млн т риби. В теперішній час світовий вилов риби сягає у середньому 120-150 млн т щорічно. Тобто біоресурси Світового океану використовуються лише частково і ці запаси самовідновлюються.

Асортимент рибної продукції налічує близько 800 найменувань. Крім харчової продукції виробляють також технічну, кормову, фармацевтичну та ін. Рибні харчові продукти мають не тільки поживну цінність, а й високу засвоюваність, відмінні споживчі властивості, тому вона відноситься до дієтичних та профілактичних. Засвоюваність білків та жирів риби досягає 07-98 %. Рибні продукти є багатим джерелом жиророзчинних вітамінів А і Д, які майже відсутні в м'ясній та рослинній сировині. Мінеральний склад м'яса риби надзвичайно різноманітний і збалансований з потребами організму людини. За вмістом фосфору, кальцію, йоду, міді, марганцю, риба переважає всі інші види сировини.

**Біоресурси водної сировини** поділяються на дві групи – морепродукти тваринного походження і морепродукти рослинного походження. До першої групи відносяться риби, морські ссавці, безхребетні та голкошкірі. Основну частину складає риба.

За анатомічними характеристиками риба поділяється на класи, підкласи, загони, родини, роди, види та різновиди. Крім того риба класифікується за місцем знаходження, розміром, ступенем вгодованості, сезоном вилову та іншим чинникам. Хімічний склад риби, харчова та біологічна цінність, технологічні і споживчі властивості залежать від цих багатьох чинників. Від них залежить і напрям переробки рибної сировини та якість готового продукту. Тому їх треба обов'язково враховувати при організації зберігання, транспортування і переробки. Основними напрямками переробки риби є охолодження, заморожування, соління, маринування, копчення, сушіння, в'яління, виробництво рибних консервів та пресервів, рибної ікри, рибного борошняні крупни, рибного фаршу, кулінарних виробів і напівфабрикатів.

Важливим видом водної сировини є *м'ясо морських ссавців* – китів, кашалотів, моржів, тюленів та ін. Промислове значення має *китове м'ясо*. Воно за хімічним складом, технологічними та споживчими властивостями наближається до яловичини, а тому широко застосовується як її заміник при виробництві ковбасних виробів, консервів, фаршів, м'ясної кулінарії.

**Морські безхребетні та голкошкірі** представлені в промислі раками, крабами, креветками, омарами, лангустами, кальмарами, восьминогами, трепангами, морськими їжаками. Їх м'ясо має високий вміст білків. Надзвичайно різноманітним та цінним є склад мікроелементів, вітамінів та інших фізіологічно активних речовин, а тому воно має дієтичні і лікувальні властивості.

У переробці безхребетні та голкошкірі використовують для виробництва консервів, а також копченої, в'яленої, сушеної продукції, в тому числі для фармацевтичних потреб.

**З морепродуктів рослинного походження** промислом добувають переважно морські водорості та деякі трави. Для харчових потреб

використовують бурі і червоні водорості. Представник *бурих – ламінарія (морська капуста)* переробляється на консерви, солону та сушену продукцію. В зв'язку з підвищеним вмістом йодистих сполук вона має лікувально-профілактичне використання. Її, а також водорості – *анфельцію та філофору* переробляють для отримання альгінової кислоти та її солей (альгінатів). Альгінати застосовуються як стабілізатори. Загусники, освітлювачі. З *червоних водоростей* добувають *агар-агар і агароїд*, які є харчовими драглеутворювачами.

### Молоко та молочні продукти як харчова сировина

Молоко свійських тварин – корів, овець, кіз є сировинною не тільки власне молочних продуктів, але і для хлібобулочних, кондитерських та інших виробів. Це пояснюється хімічним складом молока, який максимально близький до потреб організму людини. Воно містить всі необхідні організму людини компоненти – білки, жири, вуглеводи, у легкозасвоюваній формі.

В молоці міститься півтора десятка різних білкових речовин, з яких майже 80 % приходить на *казеїн*. На здатності казеїну утворювати згусток під дією кислот, солей або ферментів засновані виробництва кисломолочних продуктів, м'яких та твердих сичужних сирів. Вміст білків в молоці складає 2,8-3,6 %, засвоюваність – 98 %.

*Молочний жир* є сумішшю тригліцеридів високо- та низькомолекулярних жирних кислот, фосфоліпідів та стеринів. Завдяки значному вмісту низькомолекулярних жирних кислот, температура плавлення молочного жиру становить 27-34 °С, що сприяє його засвоєнню. Ступінь засвоюваності сягає 95 %.

*Вуглеводи* в молоці представлені переважно лактозою – молочним цукром, вміст якої у середньому дорівнює 3-5 %. Під впливом ферментів – кефірних дріжджів та багатьох штамів бактерій, вона зброджується з утворенням молочної кислоти. Ця властивість лактози широко використовується при виробництві кисломолочних продуктів. При тривалій термообробці лактоза взаємодіє з білками та іншими амінокислотними сполуками, що призводить до утворення меланоїдинів і зміні кольору молока. Це явище спостерігається при стерилізації молока (згущене молоко), а також при виробництві пряженого молока і ряжанки.

В молоці присутні майже всі *водо- та жиророзчинні вітаміни* у невеликій кількості. Основні макроелементи молока – кальцій, фосфор, магній, знаходяться в оптимальному для засвоєння співвідношенні і в кількості, достатній для задовільнення більшої частини їх добової потреби. З мікроелементів в молоці присутні залізо, цинк, мідь, марганець, кобальт, йод, молібден та інші.

Вважаючи на те, що молоко швидко псується, його для зберігання досягається різними способами:

– *пастеризацією* – тепловою обробкою при температурі 65-85 °С. Пастеризоване молоко направляється в реалізацію або на подальшу переробку і промислове використання;

– **сквашуванням** за допомогою кисломолочної мікрофлори, в результаті чого отримують різноманітні продукти – кефір, ряжанку, йогурт та ін.;

– **консервування** шляхом стерилізації, тобто тривалої термічної обробки при температурі понад 100 °С, або шляхом концентрування молока з доданням цукру і виробництва згущеного молока;

– **сушінням** молока у тонкому шарі. Сухе та відновлене молоко широко використовуються у виробництві кондитерських, хлібобулочних, майонезів, морозива та ін.

У великій кількості молоко переробляється для масло- та сиропереробних підприємств з метою отримання вершків, вершкового масла, м'яких, твердих і плавлених сирів. Побічною продукцією цих підприємств є пахта, яка утворюється при виробництві масла, та сироватка, яка утворюється при виробництві сирів. Вони також є цінною сировиною тому, що містять біля 50 % сухих речовин молока. Їх використовують для виробництва молочно-білкових концентратів, у хлібобулочному виробництві, напоїв, лікарських препаратів, технічних та кормових продуктів.

### **Проблема забезпечення харчових виробництв сировиною та шляхи її вирішення**

Зростання потреб у продуктах харчування пов'язане як із швидким збільшенням чисельності населення, так і з відносним підвищенням добробуту, а це сприяє розширенню виробництва продуктів харчування. В той же час світові запаси ресурсів сировини в розрахунку на душу населення мають тенденцію до зменшення.

**Причинами такого зменшення світових ресурсів** сировини в різних країнах різні. До них відносяться:

- 1/ Втрати за рахунок неповного використання потенціалу рослинної і тваринної сировини,
- 2/ Нераціональне використання продовольчої сировини
- 3/ Наслідок розвитку міст і скорочення сільськогосподарських площ
- 4/ Швидкий розвиток промисловості.

**Шляхи скорочення непрямих втрат** продовольчої сировини:

- 1/ Вдосконалення технологій вирощування, заготівлі, зберігання і транспортування сировини;
- 2/ Використання більш ефективних та більш продуктивних видів тваринної та сортів рослинної сировини
- 3/ Збалансування темпів розвитку виробництва сировини з нарощування переробних потужностей;
- 4/ Технічне переоснащення, реконструкція та розширення діючих підприємств;
- 5/ Вдосконалення управління технологічними процесами та якістю продукції;
- 6/ Збільшення виходу корисної продукції з одиниці вихідної сировини;
- 7/ Максимальне залучення місцевої та нетрадиційної сировини, вилучення імпортової та дорогої сировини;



8/ Впровадження у виробництво новітніх досягнень хімії, біології та технологічної науки для розробки більш ефективних методів обробки, пакування, зберігання;

### **Класифікація та характеристика харчових виробництв**

Вся сукупність вітчизняних харчових виробництв входить до складу Агропромислового комплексу. **За видом переробляємої сировини** в структурі Агропромислового комплексу виділяють 8 підкомплексів:

1/ **Хлібопродуктовий**, до складу якого входять – борошномельне, круп'яне, макаронне виробництва та хлібопечення.

2/ **М'ясо-молочний включає** виробництва з переробки худоби та птиці, м'ясопереробні підприємства, молочне, масло- та сиропереробні виробництва, молочноконсервні виробництва.

3/ **Олієжировий підкомплекс** утворюють підприємства з виробництва олії та маргаринів, кулінарних та інших хирових продуктів.

4/ **Плодоовочевий** об'єднує виробництва цукру, крохмалю, патоки, плодоовочевих консервів та сушених плодів і овочів.

5/ **Підкомплекс бродильних виробництв** охоплює такі виробництва як пивоваріння, спиртове, дріжджове, виноробне, лікєро-горільчане, слбо- та безалкогольних напоїв.

6/ **Харчосмаковий підкомплекс** складається з кондитерського, харчоконцентратного, соляного, чайного, кофейного та тютюнного виробництв.

7/ **Яйцепродуктовий підкомплекс** включає підприємства, що займаються переробкою свіжих яєць свійської птиці на сушені або заморожені яєчні продукти

8/ **Підприємства рибопродуктового** підкомплексу займаються розведенням, вирощуванням. Виловом і переробкою рибної та іншої сировини.

В залежності від способу добування і обробки сировини харчові підприємства поділяють на дві групи – добувні та переробні. Переважна більшість відноситься до переробних. Їх діяльність зводиться до первинної або подальшої глибокої переробки вихідної сировини. І тільки підприємства соляної та рибодобуваючої га лузі відносяться до добувних.

**За способом отримання кінцевого продукту** підприємства об'єднані в 4 групи:

1/ **підприємства, які вилучають один або декілька корисних компонентів** з переробляємої сировини. До таких підприємств відносяться цукрово-бурякове, борошномельне, круп'яне, крохмальне, олійне та ін.

2/ **підприємства, які при виробництві цільового продукту** видаляють з сировини некорисні або надлишкові компоненти, тим самим концентрують, підвищують вміст корисних. В цю групу відносяться плодоовочесушильне, маслоробне, сироробне та ін.

3/ **підприємства, продукцію яких отримують шляхом комбінування** різних видів сировини або проміжних продуктів. Це кондитерські, консервні, харчоконцентратні, чайні, тютюнові, кофейні виробництва.

4/ **підприємства, що переробляють продукцію інших підприємств**, тобто продукцію, яка вже пройшла первинну переробку – макаронне,

лікерогорільчане, цукрорафінадне, рибопереробне, м'ясо-переробне, маргаринове та ін.

**За ступенем або глибиною переробки вихідної сировини** харчові виробництва об'єднуються у **дві групи** – підприємства з первинної та вторинної переробки. **В першу групу** входять підприємства, які здійснюють початкову (первинну) переробку сільськогосподарської сировини: цукрово-бурякове, картопляно-крохмальне, спиртове, тварино - та птахопереробне та ін. Підприємства **другої групи** здійснюють подальшу, більш глибоку переробку продукції, отриманої після первинної переробки. До них відносяться – лікерогорільчані (переробляють спирт), кондитерські (використовують цукор, борошно та ін.), ковбасні (переробляють м'ясо, сало), хлібобулочні і макаронні виробництва (борошно, крупа).

**За принципом,** покладеним в основу технології виробництва продукції, можна виділити:

1/ **підприємства, технології яких базуються на процесах бродіння** – пивоваріння, виноробства з виготовлення м'яких та твердих сирів, хлібобулочне та кисломолочне виробництво.

2/ **підприємства, засновані на використанні механічної або термічної обробки** – борошномельне, круп'яне, макаронне, консервне виробництва.

3/ **фізико-хімічні виробництва** такі, що використовують фізико-хімічні перетворення сировини (екстрагування, розчинення, дифузію, адсорбцію та ін.) Це підприємства з виробництва цукру з буряка, з виробництва лікерогорільчаної та безалкогольної продукції.

4/ **хімічні виробництва** – засновані на використанні суто хімічних перетворень сировини – маргаринове, крохмале-паточне, виробництва гідролізатів, синтетичних барвників, ароматизаторів, смакових та підсолоджуючи продуктів.

**За побудовою технологічних ліній або організаційною структурою виробництва** поділяють на **послідовні, паралельні і комбіновані.**

**Підприємствами з послідовною структурою** вважаються такі, в яких потік сировини та матеріалів послідовно проходить весь ланцюг технологічних операцій, а отримана продукція за складом компонентів суттєво не відрізняється від початкової сировини. Наприклад, виготовлення плодоовочевих консервів, швидкозаморожених продуктів, цукрорафінадне виробництво.

**До підприємств з паралельною структурою** відносяться такі, що переробляють багатокomпонентну сировину або суміші кількох видів сировини на декілька варіантів готової продукції. Наприклад, переробка зерна на борошно і крупи, переробка плодів на соки, компоти, варення. У цьому випадку переробні цехи на певних технологічних стадіях мають паралельні технологічні лінії, а на фінішних операціях ці паралельні потоки об'єднуються в один.

**Підприємства з комбінованою структурою** виробництва поєднують принципи побудови технологічних ліній двох перших груп виробництв.

**Характеристика технології як науки і практичної діяльності**

Історія розвитку технології харчових виробництв. Для задоволення своїх потреб в їжі, одязі, житлі, засобах праці, людина споконвіків переробляла доступні їй природні ресурси сировини на різні види продуктів. Цей процес у 18 ст. отримав назву «технологія». У перекладі з грецької «техно» – означає майстерність, «логос» – означає наука, тобто в перекладі «технологія» означає – «знання ремесла». Отже, «технологія» – це процес отримання з вихідної сировини певної продукції.

Технологія як наука – це галузь знань про способи виробництва корисної для людини продукції та методи відбору з цих способів найбільш економічних і довершених відносно надання потрібних характеристик готовій продукції.

Як практична діяльність, технологія виникла у стародавні часи. Збереглися рецепти виготовлення багатьох продуктів харчування – хліба, сиру, вина, пива квасу тощо. Технологічна наука, як самостійна галузь знань, почала формуватися з виникненням товарного виробництва і остаточно сформувалась в останній чверті 18 ст. Технологія харчових продуктів разом з технологією лікарських засобів спочатку розвивалась у складі «хімічної технології», яка пройшла 5 етапів розвитку:

1/ Стародавній етап – від доісторичних часів до 8-10 ст. нашої ери. Це етап виникнення і поширення стародавніх ремесел, коли емпіричним шляхом людина знаходила і вдосконалювала способи переробки сировини, складала рецепти та передавала їх спочатку усно, потім письмово, від покоління до покоління. На цьому етапі технологія виготовлення їжі мала суто практичне значення.

2/ Середньовічний етап з 11–17 ст. характеризується створенням цехів, тобто дрібнотоварного виробництва. На цьому етапі виникає розподіл праці між цеховиками. Процес виготовлення продукції поділяється на окремі операції, які виконуються різними особами з використанням різних прийомів і засобів праці. На відміну від першого етапу технологія мала не тільки описовий, але й аналітичний характер і набувала рис наукової дисципліни. Розповсюджуються рукописи, книги, довідники, проводиться підготовка кваліфікованих фахівців у цієї галузі.

3/ Етап промислової революції з 18 ст. по 19 ст. характеризується створенням промислового виробництва, на якому розподіл праці поглиблюється. Спочатку застосовуються парові, а потім електричні машини, збільшується продуктивність праці. Саме на цьому етапі технологія набуває рис прикладної і теоретичної науки. Конструювання машин та обладнання для харчових виробництв викликало необхідність знання сутності явищ і процесів, які відбуваються в цих машинах, а також потреба в точних розрахунках розмірів, режимів, потужності та ін. характеристик технологічного обладнання і процесів. Спираючись на досягнення фундаментальних наук – фізики, хімії, математики, технології, були створені методи, а на їх підставі розроблені основи промислових технологій більшості харчових продуктів, які зберегли свої принципові риси до теперішніх часів. Харчова технологія відокремилась від хімічної, а на межі 19 і 20 ст. на стику

технологічних і технічних наук виникла нова наука «Процеси і апарати», предметом якої є певні процеси у окремому технологічному обладнанні.

4/ **Індустріальний етап** харчова технологія проходить в 20 ст. **На цьому етапі, в зв'язку з використанням у виробництві поточних безперервних технологічних процесів, технологія як наука стає синтетичною галуззю знань, що поєднує теорію одиночних процесів, теорію систем, теорію оптимізації та математичного моделювання.** Широке впровадження у харчових виробництвах механізованих, комплексно механізованих та автоматизованих технологічних ліній викликало потребу автоматизації управління технологічними процесами.

5/ **Сучасний етап** характеризується подальшою **інтеграцією технології з менеджментом, економікою, інформатикою, логістикою, маркетингом** тощо. Зараз вона розглядається як інформаційна система, що узгоджує не тільки внутрішні проблеми технології – такі, як якість, собівартість, а і зовнішні – постачання сировини, збут продукції, поява конкурентів, екологічні проблеми.

Суттєвою **особливістю сучасного етапу розвитку технологій є також поглиблене вивчення сутності фізичних, хімічних, біологічних та інших процесів, які відбуваються при їх виготовленні, для створення загальної теорії харчових технологій.**

**Основними об'єктами досліджень** технології харчових виробництв, як прикладної науки, є окремі технологічні операції, зв'язки між ними, комплексні технологічні процеси, машини і апарати, як складові технологічних ліній.

**Предметом досліджень технології** є найбільш загальні закономірності перебігу технологічних процесів та їх моделі, особливості проявлення законів фундаментальних наук в конкретній технології, методи якісної та кількісної оцінки характеристик складових технологічного процесу.

**Теоретичними основами технології** харчових виробництв є закони, принципи і правила фундаментальних наук, в їх специфічній дії, з якою вони проявляються в конкретній галузі технології.

**Теоретичні основи технології** з різним ступенем наближення **можуть бути представлені трьома типами моделей або описів** – параметричними, морфологічними і функціональними.

**Параметрична модель** є якісною описовою моделлю процесу, яка може бути представлена у вигляді графічної схеми, тексту з характеристиками складових процесу – сировини, робочих агентів, проміжних або кінцевих продуктів, машин, апаратів тощо. **Ця модель не відображає закономірностей процесу, а тому є лише якісною, спрощеною або орієнтовною.**

**Морфологічна модель** побудована на відображенні взаємозв'язків властивостей, ознак та їх співвідношень на кожній технологічній операції. **Така модель може бути представлена у вигляді операторної схеми технологічного процесу. Вона відображає статичні, кінетичні та інші закономірності процесу, а тому дає якісну і кількісну характеристику про структуру і направлення технологічного процесу.**

**Функціональна модель** встановлює кількісні взаємозв'язки між окремими операціями технологічного процесу. *Вона може бути представлена у вигляді фізичної, тобто експериментальної, або математичної, тобто аналітичної, моделі.*

**За допомогою моделей виявляється можливість спростити і узагальнити реальний об'єкт, виявити основні елементи процесу, розрахувати їх характеристики.** Вони дозволяють спроектувати різні варіанти технологічного процесу, спів ставити і визначити їх достовірність та економічну ефективність з точки зору поставленої мети і вибрати оптимальний варіант.

Таким чином, **основним методом технології є метод моделювання**, тобто створення моделей, або ідеальних об'єктів, їх системний аналіз і синтез для виявлення найбільш суттєвих взаємозв'язків між елементами і обґрунтування оптимального вибору технологічного об'єкту.

**Загальною метою технології** є розширення асортименту продукції, підвищення її якості та ефективності виробництва.

Сировина харчових виробництв являється складним об'єктом, який має різні властивості – фізичні, механічні, хімічні, біологічні, мікробіологічні. В ході технологічного процесу вони можуть змінюватись. В залежності від того, які саме властивості змінюються, технологічні процеси поділяються на фізико-хімічні, хімічні, біохімічні, мікробіологічні.

**1. До фізико-механічних властивостей** відноситься велика група процесів. які супроводжуються лише зміною фізичних та структурно-механічних властивостей сировини чи проміжного продукту. Суттєвих змін хімічного складу при цих процесах не відбувається.

**За характером процесу та умовами його проведення в цій групі процеси поділяють на механічні, гідромеханічні, теплообмінні та масообмінні.**

**1.1 Механічними називають процеси**, в яких сировина змінює форму, розмір, структуру. До них відносяться процеси подрібнення, сортування, розділення, змішування, перемішування та ін. Вони використовуються при переробці зерна – борошномельне, круп'яне, макаронне; при переробці рослинної і тваринної сировини – плодів, овочів, виробництві олії, кондитерському, кофейному, харчоконцентратному та ін.. виробництвах.

Якщо механічні процеси відбуваються у середовищу води або іншої рідини, то вони називаються **гідромеханічними**. Це такі процеси як осадження фільтрування, центрифугування. Вони поширені при переробці молока, виробництві плодівих, овочевих і ягідних соків, виробництві пива, вина, олії та інших харчових продуктів.

**1.2. До теплообмінних процесів** відносять такі, що супроводжуються перенесенням теплоти і зміною температури об'єктів та середовища. Вони надзвичайно поширені у харчових виробництвах. Це охолодження, заморожування, нагрівання, варка, жаріння, пастеризація, стерилізація та ін.

**1.3. Масообмінними називають процеси**, у ході яких відбувається перенесення маси або речовини з однієї фази в іншу. Такі переходи маси

частіше всього відбуваються між газом і рідиною, між газовою і твердою фазами, між рідиною і твердою фазою, між двома рідинами. Масообмінні процеси, як і теплообмінні, є основними процесами харчових виробництв. До них відносяться – розчинення, кристалізація, випаровування, висушування, конденсація, адсорбція, дистиляція, ректифікація, мембранізація та ін.

**2. До фізико-хімічних процесів** відносяться такі, як хемосорбція, набухання та старіння колоїдних структур. На відміну від фізико-механічних процесів вони мало поширені і переважно мають місце при зберіганні сировини або готової продукції. Ці процеси необхідно враховувати при організації переробки сировини та зберігання готової продукції.

**3. Хімічними називають технологічні процеси**, під час яких відбуваються зміни хімічного складу і внутрішньої структури компонентів сировини, проміжних та готових продуктів. В залежності від способу ініціювання, хімічні процеси поділяються на – суто хімічні, термохімічні, фотохімічні, електрохімічні, радіаційно-хімічні, каталітичні. У харчових виробництвах застосовуються такі процеси, як гідроліз, окислення, гідрогенізація, етерифікація та ін. Вони використовуються у крохмале-паточному виробництві, цукровому, олійному, маргариновому.

**4. Біохімічними вважають процеси**, які відбуваються за участю ферментів (біокаталізаторів) самої сировини, або ферментних препаратів, що додаються до сировини в ході технологічного процесу. Ці процеси широко використовуються при виробництві сиру, переробці м'яса, переробці фруктів та овочів. Крім цілеспрямованого використання ці процеси довільно відбуваються під час зберігання сировини і готової продукції.

**5. Мікробіологічними називають процеси**, які викликані дією мікроорганізмів – дріжджів, бактерій, мікробів. До них відносяться такі поширені в харчових виробництвах процеси, як бродіння, дозрівання, пліснявіння та гниття. Вони використовуються у пивоварінні, виноробстві, виробництві сиру, випічці хлібу, кисломолочному та ковбасному виробництвах, виробництві спирту, дріжджів, харчових кислот тощо. Разом з біохімічними процесами, вони мають місце при зберіганні і транспортуванні сировини і готової продукції.

**В останні роки набувають швидкого поширення біотехнології** – харчові технології, в основу яких покладені ферментативні перетворення сировини.

**За способом організації технологічні процеси поділяють періодичні, безперервні та комбіновані.**

**Періодичними називають такі процеси**, при організації яких подання сировини на переробку в технологічну машину або агрегат здійснюється повними порціями і порціями виводиться з агрегату готова або проміжна продукція. Процес обробки за цим способом носить циклічний характер. Наприклад, на багатьох консервних підприємствах процес вилучення соку за допомогою пак-пресів, або стерилізація готової продукції має періодичний характер. Підготовлений до термічної обробки проміжний продукт завантажується в автоклав, потім автоклав герметизують і виводять на

потрібний тепловий режим. Продукт витримують певний час при цьому режимі, далі автоклав з продуктом охолоджується і розвантажується. Далі цей цикл повторюється з новою порцією продукту. **Недоліками цього способу** організації технологічних процесів є великі втрати часу на завантаження і вивантаження продукту, на зміну режимів роботи автоклавів, **перевагами** – є мобільність і менша вартість, більша компактність. Такий спосіб організації більш доцільний і частіше використовується на малих підприємствах.

**Безперервними або поточними називають технологічні процеси**, при яких сировини надходить в агрегат, а продукція виводить з нього безперервним потоком. Їх **перевагою** є те, що вони не мають простою агрегатів і працюють в сталому, стабільному режимі. Лінії автоматизовані і мають більшу продуктивність, ніж періодичні. **Недоліком цього способу** є потреба у великій кількості машин і агрегатів, у значних виробничих площах, а тому початкова вартість і терміни окупності набагато більші, ніж у періодичних процесів, на них неможлива швидка зміна асортименту продукції.

**Комбіновані процеси** – це комбінація періодичних і безперервних процесів, яка дозволяє уникнути недоліків та використовувати переваги.

**В залежності від агрегатного стану сировини** або проміжного продукту процеси поділяються на гомогенні і гетерогенні.

**Гомогенні** – це процеси, коли взаємодіючі в робочій зоні компоненти знаходяться в однаковому агрегатному стані (газовому, рідинному або твердому).

**Гетерогенні** – це коли стан компонентів різний, тобто коли між компонентами є межі поділу фаз. Можливі різні комбінації фаз в цих процесах – газ і тверде тіло, газ і рідина, тверде тіло і рідина, наявність усіх трьох фаз. Частіше мають місце процеси у рідкій фазі. Інколи діючі речовини заздалегідь переводять у рідку фазу розчиненням. Так, швидкість процесу соління при консервуванні плодів, м'яса, риби розсоллом значно більша, ніж при сухому посолі. Швидкість перебігу гетерогенних процесів найменша, але в технології накопичений певний досвід по інтенсифікації цих процесів.

**У багатьох технологічних процесах має місце тепловий ефект**, тобто виділення або поглинання тепла з оточуючого середовища.

Якщо відбувається виділення теплоти, тобто тепловий ефект позитивний, такий процес називають **екзотермічним**, при поглинанні теплоти – **ендотермічним**. Більшість процесів у харчовій промисловості є ендотермічними. Для їх проведення необхідно підводити теплоту в робочу зону машини. Таке підведення здійснюється шляхом нагрівання сировини або проміжного продукту гарячою водою, водяною парою, газами від загоряння палива, електронагрівальними засобами та іншими способами. Для економії енергоресурсів, такий підігрів здійснюється вторинними енергоресурсами – вторинною парою, гарячим конденсатом, гарячим готовим продуктом, який потрібно охолоджувати.

**За напрямком руху матеріальних та енергетичних потоків** у робочій зоні машини, технологічні процеси поділяються на прямопоточні, протипоточні та перехресні.

До прямоточних відносяться процеси, коли потоки матеріальний та енергетичний ідуть у одному напрямі, до протиточних або зустрічних відносяться процеси – коли потоки рухаються у взаємно протилежних напрямках, при перехресних – рухаються перпендикулярно один до одного.

За кратністю оброблення сировини або проміжного продукту, процеси поділяються на відкриті, коли матеріальний потік або сировина проходить через технологічну машину або агрегат один раз, замкнені – коли матеріальний потік проходить повторно через ту ж машину, і комбіновані – коли окрема частина матеріального потоку багато разів проходить через одну і ту ж машину. В якості прикладу замкненого процесу може слугувати повернення помийного агрегату частини сировини, яка не пройшла інспекцію за якістю миття, комбінованого процесу – багаторазове використання розчинника при екстракційному способі вилучення олії з насіння соняшнику, плодового соку шляхом екстракції з використанням екстракційних апаратів.

Складовими елементами технологічного процесу є не тільки окремі операції або стадії, а і зв'язки між ними. Стабільне функціонування процесу визначається характером технологічних зв'язків між операціями, стадіями та гілками процесу.

В залежності від просторого розміщення машин і агрегатів у складі технологічної лінії, розрізняють технологічні процеси нерозгалужені; розгалужені, що сходяться; розгалужені, що розходяться; розгалужені з паралельними гілками.

Нерозгалужена лінія має послідовно розташовані машини та агрегати, на яких виробляють один вид готової продукції. Наприклад, лінії з виробництва пастеризованого молока, заморожених плодів, ягід, м'яса та риби.

Якщо для виробництва готової продукції використовується декілька видів сировини, які проходять попередню обробку на окремих гілках, а потім комбінуються у складі одного продукту, такий процес називається розгалуженням з гілками, що сходяться. Наприклад, процес хлібовипічки, виробництва м'ясних та рибних консервів, твердих сирів.

Коли з одного виду сировини виготовляється декілька видів готового продукту на окремих гілках лінії, процес називається розгалуженням з гілками, що розходяться. Наприклад, технологічні процеси виготовлення фруктових та овочевих консервів з одного виду сировини (яблучний сік, компот, пюре, повидло).

Розгалужений процес з паралельними гілками має місце тоді, коли у безперервному процесі окремі операції мають періодичний характер. Наприклад, процес консервування, коли на лінії використовуються автоклави періодичної дії. Відділення стерилізації має кілька паралельних дільниць стерилізації, які працюють по черзі. Коли одна дільниця працює інші підготовлюються до стерилізації або розвантажуються.

#### Системний або комплексний підхід до удосконалення технологій

Сутність системного або комплексного підходу полягає у тому, що досліджуваний об'єкт – це може бути процес, лінія, цех або підприємство, розглядається як єдина система, що складається з взаємопов'язаних елементів.



Цей підхід використовують для оптимізації просторової структури агрегатів, дільниць або цехів, для оптимізації витрат матеріальних та енергетичних ресурсів, для вибору найбільш раціональних форм організації виробничих систем і їх керованості для забезпечення стабільності і надійності їх роботи.

## **1. Харчове виробництво, як хіміко-технологічна система**

**Хіміко-технологічна система** – це сукупність пов'язаних між собою машин і агрегатів, в яких здійснюються одиничні технологічні процеси, необхідні для перетворення вихідної сировини в готовий продукт заданої якості і призначення.

Саме **ці перетворення складають фізико-хімічну сутність одиночного процесу**, а тому через створення певних умов перебігу цих перетворень, можна керувати технологічною операцією. Із значної кількості різноманітних перетворень, які відбуваються у харчовій сировині та проміжних продуктах під час процесу виробництва, можна виділити такі, що є типовими і повторюються в багатьох харчових виробництвах. У технології вони отримали назву **типових технологічних процесів**.

**Комбінація процесів**, яка відповідає одиничному технологічному процесу, що відбувається в машині або агрегаті, називається **технологічним оператором**. При проектуванні або моделюванні технологічних ліній, їх складові **у вигляді операцій розглядаються як технологічні оператори**, через зміну вхідних та вихідних потоків яких здійснюється контроль та регулювання технологічного процесу.

**До основних відносяться технологічні оператори цільового призначення** – хімічних, біохімічних, мікробіологічних перетворень, а також суттєвих фізичних змін таких, як – подрібнення, змішування, розділення.

**Допоміжними операторами вважаються такі, що відображають енергетичний та агрегатний стан технологічних потоків** – охолодження, нагрівання, витримці при певній температурі та ін.

**Взаємодія технологічних операторів у складі системи** відбувається за допомогою **технологічних зв'язків**, які представляють собою сукупність матеріальних і енергетичних потоків.

**Серед багатьох варіантів поєднання операторів** у технологічну систему, виділяється **п'ять основних типів технологічних зв'язків** – послідовний, послідовно-обвідний, паралельний, перехресний та зворотній.

**Послідовним** називають такий тип технологічних зв'язків, коли потік проходить через кожний оператор тільки один раз. **Технологічні лінії, які будуються за допомогою такого типу зв'язків, називають відкритими**. Такий зв'язок використовується частіше за все при об'єднанні декількох машин у технологічний агрегат, в якому послідовно виконується одна і та ж операція, або суміжні операції. Наприклад, послідовне миття сировини у мийному агрегаті, розмелювання зерна на валкових млинах, протирання рослинної сировини, уварювання томатної пасти у вакуум-випарних апаратах.

**При послідовно-обвідному типу зв'язків технологічний потік розгалужується на декілька потоків і частина з них мінає один, або**

**декілька, наступних операторів.** Такий тип зв'язку використовується в харчових виробництвах при обробці сировини різними методами. Так, при виробництві соняшникової олії частина проміжного продукту піддається прямій екстракції. А інша проходить спочатку через прес для попереднього вилучення олії.

**При паралельних типу зв'язків технологічний потік розгалужується на дві-три паралельні гілки, на яких гілки потоку проходять всі оператори, не минаючи жодного з них.** Такий тип зв'язку використовують у разі наявності в складі процесу окремих періодичних операцій у випадку отримання з одного виду сировини різних продуктів. Створення таких паралельних ділянок, незважаючи на додаткові витрати, дозволяє істотно підвищити продуктивність технологічної лінії і безперервність процесу. Наприклад, ділянка стерилізації з двох або трьох ліній автоклавів у консервному виробництві.

**Перехресним називають зв'язок,** коли один технологічний матеріальний потік перехрещується за напрямом руху з енергетичним. Цей тип зв'язку використовують для більш ефективного використання виробничих площ та енергоресурсів. За таким типом зв'язків здійснюється, наприклад, висушування макаронних виробів, плодів, овочів, дрібної риби на паралельних сітчастих конвеєрах, які продуваються потоком теплого повітря, або процес охолодження м'ясних туш, ковбасних виробів, або миття сировини методом за допомогою душових приладів.

**Зворотнім зв'язком називають такий, при якому технологічний потік розгалужується на декілька частин і частина з них повертається на попередню або декілька попередніх операцій.** Наприклад, при виробництві рибних консервів, коли у попередньо підготовлені порожню банку автомат спочатку наливає половину рецептурної кількості заливки, потім укладається риба і банка знову повертається до автомату з заливою, де в банку наливається друга половина заливки, і банка закупорюється. Системи із зворотнім зв'язком забезпечують ефективне використання устаткування, енергії, підвищенню швидкості процесу та оптимізації технологічних режимів.

## **2. Умови та закони рівноваги технологічних систем**

Кожна технологічна операція є системою типових процесів – фізичних, хімічних, біологічних), в ході яких сировина або проміжний продукт поступово змінює свої характеристики. В той же час кожен з цих типових процесів можна розглядати як сукупність взаємодіючих об'єктів. Наприклад, операція миття сировини у мийній машині є системою таких взаємодій:

- взаємодія сировини з робочими органами і стінками машин;
- взаємодія окремих частин сировини між собою;
- взаємодія сировини з водою;
- взаємодія води з робочими органами та стінками машини.

В залежності від природи явищ, які відбуваються при взаємодії, розрізняють:

- фізичні системи взаємодіючих сил, коли відбуваються суто фізичні зміни;

– хімічні системи. коли взаємодії визначаються хімічними закономірностями;

- фізико-хімічні системи;
- біологічні і мікробіологічні системи;
- біохімічні системи.

**Згідно з вимогами другого закону термодинаміки, будь-яка система взаємодіючих об'єктів прагне досягти такого стану, коли запас її внутрішньої енергії є мінімальним, а ентропія максимальна. Таким станом для взаємодіючих систем є стан рівноваги, при якому вплив одних факторів компенсується дією інших.**

**(Ентропія** – це міра безпорядку в системі. Повна упорядкованість часточок у системі (наприклад, у кристалах) відповідає мінімуму ентропії, повний безпорядок – максимуму. Наприклад, ентропія водяного пару більше, ніж ентропія води, а ентропія води більше, ніж ентропія льоду).

**Для технологічних систем,** як сукупності операцій, стан рівноваги встановлюється, коли вихідні потоки сировини, що надходить на переробку, врівноважується вихідними потоками готової продукції та потоками втрат сировини і проміжного продукту. Рівноважний стан притаманний як окремим операціям, так і всьому технологічному процесу у цілому.

**Рівновага систем або їх частин, є динамічним станом, тобто вона може встановлюватись лише за певних умов.** При зміні умов рівновага порушується, а система змінює свій стан до тих пір, доки знову не встановиться рівновага, але вже на нових змінених умовах існування системи. **Для більшості фізичних, хімічних та інших систем можливість і умови рівноважного стану визначаються законом рівноваги – правилом фаз Гіббса,** який описується наступним рівнянням:

$$S = k + n - \Phi$$

де:  $S$  – кількість ступенів свободи системи (мінімальна кількість факторів, які можна змінювати незалежно один від одного без порушення системи);

$k$  – кількість незалежних елементів системи;

$n$  – кількість зовнішніх факторів, що впливають на стан рівноваги системи;

$\Phi$  – кількість фаз у системі.

***Рівноважним системам,*** в яких може встановлюватися стан рівноваги, притаманні ***загальні закономірності,*** серед яких важливе значення мають для технології наступні:

1. **Поведінка рівноважної системи обумовлюється запасом її внутрішньої енергії, який вимірюється потенціалом і рушійною силою системи.**

**Під потенціалом розуміють** відстань, тобто віддаленість, системи в певний момент часу від її рівноважного стану. Рушійною силою є різниця потенціалів системи в початковому, або проміжному стані. Чим далі віддалена система від стану рівноваги на початку процесу, тим більший її потенціал і рушійна сила, тим з більшою швидкістю система рухається до рівноважного стану. Ця закономірність широко використовується в технології.

2. Система, яка знаходиться в стані рівноваги, сама, без зовнішнього втручання, не може змінити цей стан і буде перебувати в ньому скільки завгодно довго.

3. Щоб вивести систему зі стану рівноваги, необхідно вплинути на неї ззовні шляхом зміни параметрів системи (температури, тиску, концентрації тощо).

Оскільки стан рівноваги є динамічним, у рівноважній системі можуть відбуватись два протилежних за напрямом процеси. Один називається **прямим** – спрямований на досягнення рівноважного стану, а другий **зворотній** – спрямований на зміну рівноважного стану. **Який з цих двох процесів буде переважати в певний момент часу, визначається потенціалом системи.** Процеси, які можуть перебігати в обох напрямках, називають **зворотними**, а ті, що не мають такі властивості, – **незворотними**.

**Більшість фізичних процесів, які мають місце в харчових технологіях – подрібнення, осадження, фільтрування, пресування, соління, коптіння, сушіння та ін., є практично незворотними,** тому що при їх проведенні створюють такі умови тобто потенціал, при яких вони можуть рухатись тільки в одному напрямку. Слід відзначити, що деякі процеси навіть при жорстких технологічних режимах не проходять до кінця. Наприклад, зворотними є процеси екстрагування, кристалізації, конденсації, абсорбції. Це являється причиною суттєвих втрат або зниження виходу кінцевого продукту в деяких харчових технологіях. **Зворотними є більшість хімічних процесів,** тому технолог повинен шукати такі режими проведення процесу, які б дозволили зробити його максимально ефективним.

#### **Кінетичні закономірності технологічних процесів**

Економічна ефективність харчових виробництв значною мірою залежить від **швидкості перебігу технологічних процесів.**

**Наука, яка вивчає механізм та швидкість зміни характеристик процесу, називається кінетикою.**

В її основі лежать закономірності, що обумовлюють швидкість процесів. Кінетичні закономірності необхідно знати для розрахунку параметрів технологічних процесів і апаратів, в яких відбуваються ці процеси..

Теоретичними та практичними дослідженнями було встановлено **основний кінетичний закон – швидкість процесу прямо пропорційна потенціалу і зворотно пропорційна опорі системи,** який можна записати у наступному вигляді

$$I = \frac{X}{R} ; \quad \text{або} \quad I = X \cdot \frac{1}{R}$$

Де: I – швидкість процесу;  
X – потенціал системи;  
R – опір системи.

Якщо опір системи замінити зворотною до неї величиною провідності – L, тоді рівняння отримає вигляд:

$$I = X \cdot L$$

Маючи дані про потенціал системи, або його рушійну силу, за допомогою цього загального кінетичного рівняння можна отримати розрахункові рівняння для будь-якого технологічного процесу.

**Потенціал системи** – це міра відхилення системи від рівноважного стану, а **рушійна сила процесу** – це різниця потенціалів у різних станах системи, які визначають через градієнти температури, тиску, концентрації. **Провідність системи** ( $L$ ) називають **коефіцієнтом швидкості процесу, або кінетичним коефіцієнтом**. Під **кінетичним коефіцієнтом** розуміють швидкість процесу, потенціал якого дорівнює одиниці. Це коефіцієнти теплопередачі, теплопровідності, константи швидкості реакції та ін. Вони є похідними, тобто змінними, і залежать від багатьох факторів – режимів проведення процесу, властивостей учасників процесу та ін.

#### **Фізико-хімічна кінетика**

В залежності від природи явищ **розрізняють фізичну, фізико-хімічну, хімічну та біологічну кінетику**. Оскільки в харчовій промисловості під час переробки або зберігання сировини важко відокремити фізичні і фізико-хімічні процеси, то їх кінетичні закономірності вивчає **фізико-хімічна кінетика**. **Предметом її дослідження** є закономірності таких поширених у технології процесів, як подрібнення, розділення, нагрівання, охолодження, дистиляція, кристалізація, перемішування, сушіння тощо. Для багатьох з них кінетичні закономірності відомі як класичні закони фізики.. Наприклад, для цілого класу теплообмінних процесів **швидкість переносу теплоти описується законом Фур'є**, який гласить, що «Кількість тепла, яке переноситься в певному середовищі, прямо пропорційна добутку градієнту температури на тривалість процесу».

$$Q = \lambda \frac{dt}{dx} \cdot \tau$$

де:  $Q$  – кількість теплоти;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$\frac{dt}{dx}$  – градієнт температури;

$\tau$  – тривалість процесу.

Для класу **масообмінних** (молекулярно-дифузійних) **процесів швидкість переносу речовини характеризується законами Фіка**, перший з яких описується рівнянням:

$$G = D \frac{dc}{dx} \cdot \tau$$

де:  $G$  – кількість речовини;

$D$  – коефіцієнт дифузії;

$\frac{dc}{dx}$  – градієнт концентрації;

$\tau$  – тривалість процесу.

Подібний математичний вираз мають інші кінетичні закони фізики:

– для фільтраційного переносу речовини – **закон Дарсі**; для переносу кількості руху – **закон Ньютона**; для швидкості розвитку деформації твердих

тіл – закон Гука; для переносу електричних зарядів – закон Ома та ін. Всі ці закони є проявленням дії загального кінетичного закону. В наведених рівняннях коефіцієнти  $\lambda$  і  $D$  є кінетичними коефіцієнтами, що характеризують природу явища і учасників процесу, а добуток градієнтів на тривалість процесу є потенціалом процесу.

Дані рівняння не можуть бути використані для технологічних розрахунків тому, що характеризують «миттєвий» стан процесу, тобто в певний момент і в певній точці середовища. Тому, для характеристики процесу в цілому необхідно інтегрувати ці рівняння, задаючи чисельні значення умов однозначності параметрів, які постійно змінюються. Крім того, в технологічних об'єктах під час переробки одночасно відбувається декілька складних процесів, які взаємно впливають один на одного. Наприклад, під час сушіння (плоди, овочі, зерно, м'ясо) в ній мають місце і процеси переносу теплоти і переносу вологи. Обидва процеси впливають на процес сушіння і тому їх необхідно враховувати. **Теоретично вплив суміжних процесів визначається теоремою Онзагера:** «якщо  $i$ -й процес відчуває вплив суміжного процесу  $k$  з потенціалом  $X_k$ , то і процес  $k$  відчуває вплив процесу  $i$  з потенціалом  $X_i$ ». Виходячи з цієї теореми, кінетичні рівняння для обох процесів будуть мати наступний вигляд:

$$\text{– для } i\text{-го процесу} \quad I_i = L_i \cdot X_i + L_{ik} \cdot X_k$$

$$\text{– для } k\text{-го процесу} \quad I_k = L_k \cdot X_k + L_{ki} \cdot X_i$$

де:  $I_i, I_k$  – швидкість процесів  $i$  та  $k$ ;

$X_i, X_k$  – потенціали процесів  $i$  та  $k$ ;

$L_i, L_k$  – кінетичні коефіцієнти процесів  $i$  та  $k$ ;

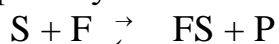
$L_{ik}, L_{ki}$  – кінетичні коефіцієнти взаємного впливу процесів.

Наявність взаємного впливу суміжних процесів ускладнює розрахунки їх параметрів, а тому на практиці їх знаходять експериментальним шляхом.

### **Кінетика біохімічних і мікробіологічних процесів**

**Біохімічними вважають ті процеси**, які відбуваються за участю ферментів самої харчової сировини або чистих препаратів і їх сумішей.

**Мікробіологічними являються процеси**, що відбуваються за участю певних культур мікроорганізмів, або їх фрагментів, які містять ферменти. Ці процеси дуже поширені в харчових виробництвах. На їх використанні засновано дуже багато галузей харчопереробного комплексу. Швидкість перебігу цих процесів залежить не тільки від концентрацій вихідної речовини, тобто субстрату, і ферменту, від температури і тиску, але і від стану ферменту, ступеню його чистоти, від рН, впливу активаторів і інгібіторів. Сутність ферментативного каталізу базується на теорії фермент-субстратного проміжного комплексу, який незворотно розкладається на продукти реакції з вивільненням ферменту за схемою



S – субстрат;

F – фермент;

FS – проміжний комплекс фермент-субстрат;

P – продукт реакції;

$k_1$  – константа швидкості утворення комплексу;

$k_2$  – константа швидкості дисоціації комплексу.

Згідно закону діючих мас швидкості реакцій утворення та дисоціації фермент - субстратного комплексу будуть дорівнювати

$$v_1 = k_1 [S] \cdot [F]; \quad v_2 = k_2 [FS];$$

У стані рівноваги  $v_1 = v_2$ , тоді константа рівноваги буде

$$k = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[FS]}{[S] \cdot [F]} \quad \text{або} \quad k = \frac{f_s}{fS}$$

де: k – константа рівноваги;

[FS] =  $f_s$  – концентрація фермент-субстратного комплексу;

[F] = f – концентрація вільного ферменту;

[S] = S – концентрація субстрату.

**Концентрація субстрату завжди є надлишковою по відношенню до концентрації ферменту, тому можна вважати, що швидкість процесу залежить переважно від концентрації ферменту та його стану.** Фермент, як каталізатор, не витрачається в ході процесу, тому його загальна концентрація  $f_0$  буде складатися з концентрації вільного ферменту f та зв'язаного у фермент - субстратному комплексі  $f_s$ ;  $f_0 = f + f_s$ . Звідси  $f_s = f_0 - f$

Тоді рівняння можна записати:

$$k = \frac{f_s}{(f_0 - f_s) \cdot s}, \quad \text{а} \quad f_s = \frac{f_0 s}{1/k + s},$$

**Для швидкості реакції розпаду фермент - субстратного комплексу на кінцевий продукт можна написати  $v_3 = k_2 f_0 s / (1/k + s)$ . Величина  $1/k$  є зворотною до константи рівноваги утворення і дисоціації фермент-субстратного комплексу, тобто  $\frac{1}{k} = \frac{k_2}{k_1} = k_s$  – називається константою**

**Михаеліса.**

Для характеристики перебігу таких реакцій частіше використовують початкову швидкість, тоді рівняння для характеристики швидкості реакції утворення продукту буде мати інший вигляд. Це рівняння називають загальним законом ферментативного каталізу або рівнянням Михаеліса-Ментена

$$v_0 = \frac{k_2 \cdot f_0 \cdot s_0}{k_s + s_0}$$

де  $v_0$  – початкова швидкість процесу;

$k_2$  – константа швидкості дисоціації фермент-субстратного комплексу;

$s_0$  – початкова концентрація субстрата;

$k_s$  – константа Михаеліса.

**Хімічна кінетика**

Предметом хімічної кінетики є суто хімічні процеси: механізм, швидкість та закономірності перебігу хімічних реакцій. Швидкість реакції

**визначається кількістю молекул речовини, яка вступає у взаємодію за одиницю часу в одиниці об'єму.**

Швидкість можна визначити за зменшенням концентрації реагуючих речовин, або за зростанням концентрації продуктів реакції.

У випадку модельної реакції **миттєва швидкість** у певний момент часу буде визначатись рівняннями

$$v = - \frac{dc_x}{d\tau}; \text{ або } v = - \frac{dc_y}{d\tau}; \text{ або } v = \frac{dc_z}{d\tau};$$

де  $-\frac{dc_x}{d\tau}$ ;  $-\frac{dc_y}{d\tau}$  – перші похідні концентрації вихідних речовин X і Y

$\frac{dc_z}{d\tau}$  – похідна продукту реакції Z.

Якщо швидкість визначати за витратами вихідних речовин, вона буде від'ємною, тому що концентрації зменшуються, а у випадку продукту реакції – позитивна, тому що кількість продукту збільшується.

Механізм і швидкість хімічних реакцій залежать від багатьох факторів. Для різних типів реакцій існують розрахункові формули для обчислення їх констант швидкості. Всі вони базуються на загальному хімічному законі діючих мас, згідно з яким швидкість реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин

$$v = kc_x^m \cdot c_y^n$$

де k – константа швидкості реакції

$c_x^m$ ,  $c_y^n$  – концентрації вихідних речовин

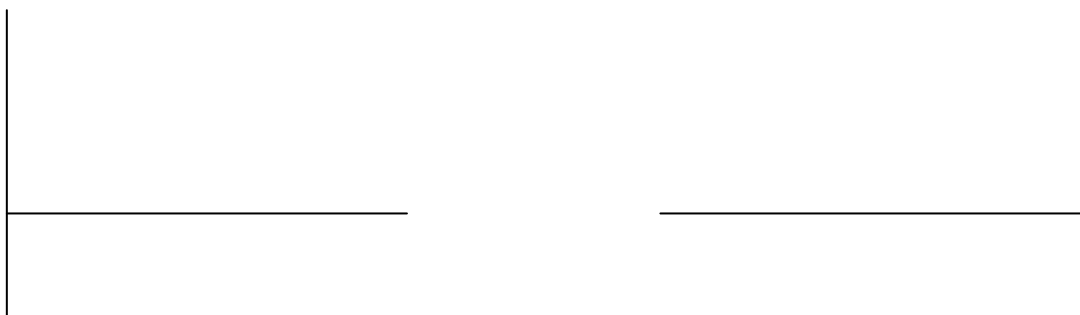
m, n – стехіометричні коефіцієнти.

Щоб визначити середню швидкість за весь час перебігу реакції, рівняння які характеризують миттєву швидкість необхідно про інтегрувати. Для цього використовують рівняння

$$v = \frac{1}{\tau_n} \int_0^{\tau_n} v(\tau) dt$$

де  $\tau_n$  – повний час проведення процесу

На практиці частіше за все розраховують початкову і середню швидкість. Для цього використовують графічний метод. Для побудови графіка в координатах «концентрація продукту – час реакції» використовують експериментальні дані. На цьому графіку тангенс кута нахилу дотичної до осі абсцис буде чисельно дорівнювати швидкості реакції в той момент часу, який відповідає точці дотику. Початкова швидкість чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу кривої до осі абсцис.





Початкова швидкість  $v_0 = \operatorname{tg} \alpha$ ; миттєва швидкість  $v_{\tau_0} = \operatorname{tg} \beta$ ;  
 а середня –  $v = \frac{c_2 - c_1}{\tau_2 - \tau_1}$ , тобто  $v = \frac{\Delta c}{\Delta \tau}$

де  $\Delta c$  – інтервал концентрацій  
 $\Delta \tau$  – інтервал часу.

### Технологічні закономірності харчової технології

#### 1. Особливості дії законів фундаментальних наук у харчовій промисловості

**Всі явища, які відбуваються в одиночних технологічних процесах і являють основу технологічних операцій, підкорюються однаковим кінетичним закономірностям у вигляді загального кінетичного закону. Незалежно від природи, всі ці явища є проявленням одних і тих же законів матеріального світу, які є предметом фундаментальних наук – математики, фізики, хімії, біології та ін. Тому без дотримання цих природних законів неможливо забезпечити виконання головного завдання харчових виробництв – виготовлення продукції в максимальному обсязі і заданій якості при мінімальних витратах матеріальних, енергетичних ресурсів і часу.**

Слід відзначити, що закони фундаментальних наук сформульовані для «ідеальних» систем, в яких вивчається взаємний вплив тільки обмеженої кількості факторів. Дія всіх інших факторів або не враховується зовсім, або враховується у вигляді коефіцієнтів пропорційності, числові значення яких залежать від багатьох факторів. **В умовах технологічних процесів неможливо створити «ідеальні» умови, тому що значна частина факторів не є керованою, але їх вплив слід враховувати. Тобто закони фундаментальних наук дають лише якісну характеристику технологічних процесів – вказують напрям їх перебігу. А для управління процесами необхідна точна кількісна оцінка перебігу процесів саме в конкретному виді сировини у конкретних умовах.** Крім того, суворе дотримання вимог законів фундаментальних наук у харчовій технології часто вступає в суперечність з економічною або практичною доцільністю. Наприклад, найбільш економічним буде технологічний процес, який має найбільшу швидкість перебігу на всіх етапах виробництва при максимальному використанні ресурсів і часу, мінімальних витратах і найбільшому виході готового продукту необхідної якості. Згідно до основного кінетичного закону, такий процес має відбуватися при найбільш можливому потенціалі, тобто рушійній силі системи. Наприклад, при виробництві консервованої продукції найбільшу швидкість і отримання гарантовано безпечного продукту в санітарному відношенні можна досягти лише при максимальному рівні термічної обробки, максимальній концентрації консерванту або при створенні асептичних умов на виробництві. Але максимальна термічна обробка знижує харчову і біологічну цінність продукту, високі дози консервантів небезпечні для організму людини, а створення асептичних умов виробництва практично неможливе і економічно не вигідне.

Тому в технологічній практиці для пошуку оптимальних рішень необхідно враховувати велику кількість факторів і вибрати найбільш прийнятні умови для виготовлення продукції, що можна досягти тільки

експериментальним шляхом. **В сучасних умовах необхідні результати можливо отримати шляхом використання сучасних комп'ютерних технологій обробки значних обсягів інформаційних даних.** Але в зв'язку з тим, що комп'ютерні технології у харчовій технології тільки починають поширюватись, а для деяких технологічних завдань вони ще взагалі відсутні, в практиці продовжують використовувати методи дослідження експериментальних моделей, а також методи, що ґрунтуються на основних технологічних принципах організації процесів, до яких відноситься – принцип раціонального використання сировини, енергії, устаткування, інтенсифікації процесу, оптимального варіанту, утилізації відходів та ін.

## **2. Принцип раціонального використання сировини**

Особливістю більшості харчових виробництв є те, що основною складовою собівартості продукції до 60-80 % є вартість сировини. Тому ефективне використання сировини є дуже важливим в харчовій технології. Раціональне використання сировини і матеріалів харчового виробництва залежить від багатьох факторів: 1/ від відповідності сировини меті виробництва; 2/ від якості і безпеки сировини; 3/ від стану технологічного обладнання; від рівня технології.

**Відповідність сировини меті виробництва** означає її придатність для виготовлення певної продукції. Наприклад, для виробництва цільноконсервованих томатів, головними вимогами до сировини є розмір, форма, забарвлення, ступінь стиглості. Для виробництва томатної пасти або пюре, головними вимогами до сировини є не форма і розмір, а показники від яких залежить вихід готової продукції, це вміст сухих розчинних речовин і ступінь стиглості.

**На використання продовольчої сировини впливають також такі показники, як якість та безпечність.** Від якості і безпечності сировини, залежить собівартість готової продукції. Основними критеріями якості і безпеки харчової сировини є вміст корисних компонентів, наявність сторонніх домішок, пошкоджень і дефектів сировини, що збільшує кількість відходів і втрат сировини при її переробці. Наприклад, на виробництво 1 т 30 % томатної пасти витрачається 5,5 т томатів з вмістом сухих розчинних речовин 8 %, а при використанні томатів з 4 % сухих розчинних речовин необхідно 11 т сировини. Крім того, збільшується тривалість технологічного процесу, а значить втрачаються біологічно цінні речовини, збільшується навантаження на технологічне обладнання.

Використання комбайнів для збору томатів сприяє збільшенню **сторонніх домішок** у вигляді землі, піску, листя, що потребує сортування і додаткової обробки.

При виготовленні харчових продуктів дитячого і дієтичного харчування. Лікувального та спеціального призначення, натуральних вин, соків, молочних продуктів, вимоги до сировини більш жорсткі.

**Раціональне використання сировини** передбачає можливість її глибокої переробки, тобто безвідходне виробництво. Наприклад, при виробництві соків з яблук відходи складають 20-40 %, які доцільно

використовувати як сировину для отримання фруктових порошків або пектинових речовин. Пектинові речовини використовують в якості згущувачів при виробництві концентрованої солодкої продукції – повидла, джемів, конфітюру, начинок для борошняних виробів. В теперішній час на Україні пектини не виробляються, а завозяться із-за кордону.

Найбільш поширеним способом оцінки раціональності використання сировини є складання матеріального балансу, коли враховуються всі компоненти складу сировини та їх теоретично можливий вихід на всіх технологічних операціях. **Основою продуктивних розрахунків є рівняння матеріального балансу, що відображає закон збереження маси. Тобто маса сировини, яка поступає на переробку дорівнює масі вихідних продуктів, відходів і втрат у виробництві.**

### **3. Принцип раціонального використання енергоресурсів та устаткування**

Харчові виробництва відносяться до енерговитратних. В якості енергоресурсів використовується гаряча водяна пара, гаряча вода, електричний струм, природний газ, тверде та рідке топливо.

**Гаряча пара і вода** є основними теплоносіями в технологічних процесах нагрівання, пастеризації, стерилізації, уварювання, випаровування, дистиляції, сушіння та ін.. Гаряча вода і пара широко використовується для миття і стерилізації, санітарної обробки технологічного устаткування, виробничих приміщень.

**Електрична енергія** використовується у приводах технологічного обладнання, електротранспортних машинах, холодильних установках, сушарках. При випіканні, обжарюванні, коптінні, сушінні, застосовують природний газ, тверде та рідке паливо.

У харчових виробництвах переважним видом енергії є **тепловий баланс**, який враховує тепловий ефект самого процесу та втрати енергії в оточуюче середовище.

### **4. Принцип інтенсифікації технологічних процесів**

Під інтенсифікацією технологічних процесів розуміють збільшення швидкості його перебігу наслідком чого є зростання продуктивності за одиницю часу. Згідно з загальним кінетичним законом, цього можна досягти збільшенням потенціалу процесу, збільшенням кінетичного коефіцієнту або одночасним збільшенням обох ефектів.

**Шляхом підвищення температури** інтенсифікують процеси термічного сушіння, уварювання, випарювання, розчинення та ін.

**Поєднання зміни температури і тиску** широко використовується в харчових технологіях при проведенні сорбційних, хімічних, гідромеханічних та ін. процесів. Наприклад, в цукровій промисловості, вино-, пиво- та безалкогольному виробництві для прискорення насичення розчинів вуглекислотою, підвищують її тиск та знижують температуру рідкої фази. Для інтенсифікації процесів сушіння, випарювання, уварювання **поєднують підвищення температури до найбільш можливої межі з одночасним зниженням тиску (вакуумуванням)**. У процесах конденсації навпаки, **знижують температуру і підвищують тиск**. Для прискорення фільтрування за

допомогою мембран, **збільшують тиск над мембраною, або зменшують – під нею.**

### **1. Принцип оптимізації**

Сутність його полягає в виборі серед багатьох можливих варіантів одного або декількох. Які є найбільш придатними, оптимальними для конкретних умов підприємства, технологічного процесу або окремої операції. В якості критеріїв вибору можуть бути різні показники – собівартість, продуктивність, якість, безпечність та ін.

У технологічній практиці цей принцип використовують найчастіше при проектуванні, модернізації або дослідженні процесів. Математичні методи дають можливість отримувати точні кількісні оцінки того чи іншого варіанта тільки за одним критерієм. Якщо ж треба мати оцінку за декількома критеріями, то вибирають компромісний варіант.

Використання принципу оптимального варіанта дає можливість ефективності впровадження в харчових виробництвах новітніх досягнень науки, техніки та передового досвіду; оптимальних параметрів технологічних режимів високопродуктивного обладнання; ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

### **Зміни хімічного складу продовольчої сировини при технологічній обробці**

Їжа – найважливіший біологічний фактор життєзабезпечення організму людини, його росту та розвитку, здоров'я, працездатності, творчої активності, профілактики передчасного старіння, попередження та лікування хвороб. Вона дає людині необхідний матеріал для побудови клітин і тканини організму. Роль окремих речовин продуктів харчування різна. Для покриття енергетичних витрат організм засвоює головним чином вуглеводи і лише частково жири та білки. Пластичні процеси протікають переважно за рахунок білків.

Їжа повинна бути повноцінною, тобто містити у своєму складі білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та воду, а за калорійністю – достатньою для покриття енергетичних витрат людини.

Кожен продукт має харчову, біологічну, енергетичну і фізіологічну цінність.

**Харчова цінність** показує всю повноту корисних властивостей продукту. Вона визначається:

- вмістом і співвідношенням основних харчових речовин – білків, жирів, вуглеводів;
- біологічно активних речовин – вітамінів, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин;
- енергетичною цінністю, органолептичними властивостями та безпечністю.

**Біологічна цінність** – це збалансований вміст у продукті незамінних амінокислот, полі ненасичених жирних кислот, ліпоїдів, полі фенольних

сполук, вітамінів, мінеральних елементів. В процесі зберігання енергетична цінність знижується.

**Енергетична цінність** продукту характеризує ту долю енергії, яка може вивільнитися з харчових продуктів у процесі біологічного окислення і використання її для забезпечення фізіологічних функцій організму. Енергетична цінність продуктів визначається кількістю жирів, вуглеводів, білків і їх засвоюванням.

**Під засвоєнням харчових продуктів** розуміється ступінь використання організмом. Засвоюваність речовин виражається у відсотках або коефіцієнтом засвоюваності.

**Під фізіологічною цінністю** продукту розуміють вплив речовин продукту на травну, нервову, серцево-судинну та інші системи організму і на його опір захворюванням. Найбільш високу цінність мають продукти, у яких білки, жири, вуглеводи та біологічно активні речовини знаходяться у необхідному для організму співвідношенні. До таких продуктів відносяться яйця, ікра риб, м'язова тканина м'яса і риб, молочні продукти.

**Ряд продуктів має знижену харчову цінність**, тому що у них немає повного комплексу необхідних харчових речовин. Наприклад, в цурках переважають вуглеводи, жири – ліпіди, мінеральній воді і кухонній солі – мінеральні елементи.

Деякі продукти володіють **умовною харчовою цінністю**. Наприклад, горілчані вироби містять спирт, який в організмі людини окислюється з виділенням значної кількості енергії. Однак надмірне вживання спиртних напоїв наносить шкоду здоров'ю.

Харчова цінність продуктів харчування формується під впливом багатьох факторів. **В овочах і фруктах** вона залежить від сорту, кліматичних умов, агротехніки вирощування.

Хімічний склад і органолептичні показники **м'яса і птиці** визначаються породою, віком, режимом і раціоном годівлі.

Харчова цінність **дикорослих плодів і овочів, риби, дичини** залежить від виду, місця зростання, часу збору або лову та ін.

У формуванні **харчової цінності продуктів**, які отримані шляхом переробки сільськогосподарської сировини, основна роль належить сировині і технології виготовлення. Одним з основних показників харчової цінності продукту є хімічний склад.

**У здорової людини в зрілому віці** при вживанні достатньої кількості необхідних речовин з їжею процеси асиміляції та дисиміляції знаходяться у відносній рівновазі. **У молодому організмі** асиміляція переважає дисиміляцію, **при старінні** – навпаки.

**Потреба організму в енергії** залежить від багатьох факторів і, в першу чергу від характеру і інтенсивності праці. **Все працездатне населення за інтенсивністю праці ділять на 5 груп:**

**1 група** – працівники переважно розумової праці (коефіцієнт фізичної активності (КФА) дорівнює 1,4);

**2 група** – працівники, які зайняті легкою фізичною працею (КФА=1,6);

**3 група** – працівники, які зайняті працею середнього фізичного навантаження (КФА=1,9);

**4 група** – працівники важкої фізичної праці (КФА=2,2).

**Кількість енергії**, що витрачається організмом, залежить також від статі людини, віку, зросту, об'єму поверхні тіла, конституції, стану здоров'я, рівня активності нейроендокринної системи, інтенсивності та тривалості м'язової діяльності, характеру харчування, клімату, пори року, часу доби.

Жінки порівняно з чоловіками витрачають енергії менше в середньому на 15 %. Організм, що росте, потребує більшої кількості енергії на одиницю маси тіла, ніж у дорослих людей. У людей віком 30-39 років витрати енергії на 4-5 % нижче, ніж у 18-29-літніх, а у 40-59-літніх нижче аж на 9-10 %.

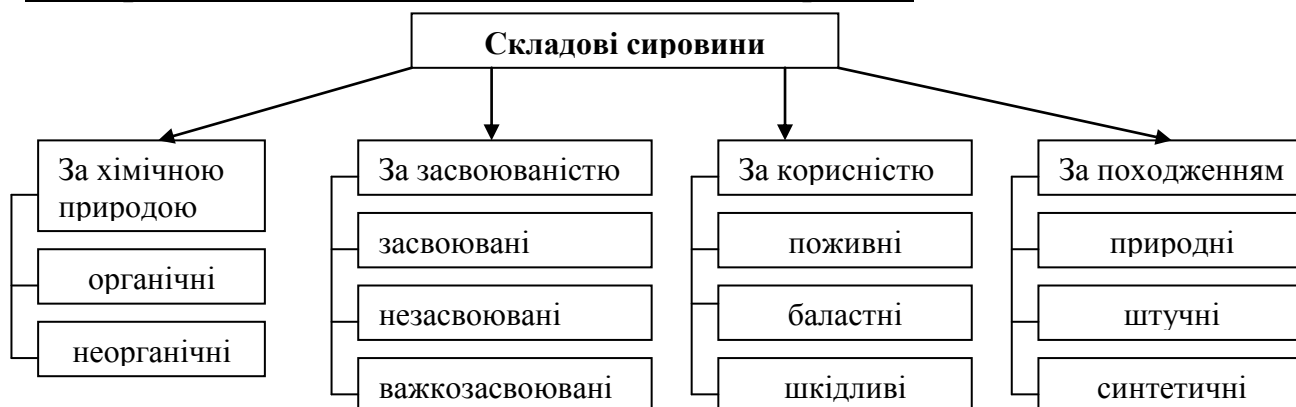
**Частка добової витрати енергії на діяльність внутрішніх органів у стані спокою зветься основним обміном.**

У середньому значення основного обміну у дорослих людей складає 1 ккал за годину на 1 кг маси тіла. В підлітковому організмі цей показник тим вище, чим молодша дитина. У юнаків 14-17 років основний обмін дорівнює 1,7 ккал, у дівчат цього віку – 1,21 ккал. У 40-50 років він знижується на 4-5 %, у старшому віці – на 10 %.

**На витрати енергії впливає характер їжі.** Наприклад, при відсутності вуглеводів та жирів споживання білків підвищує витрати енергії на 30-40 %. Таку властивість білків позначають як специфічну динамічну дію та використовують під час складання меню деяких розвантажувальних дієт для лікування ожиріння. Жири та вуглеводи збільшують енерговитрати на 7 %. Під час споживання змішаної їжі витрати енергії підвищуються на 10 %.

#### **Класифікація складових харчової сировини**

Хімічні властивості продовольчої сировини обумовлені складом і властивостями речовин, що входять у її структуру. Тому **складові продовольчої сировини систематизовані методом класифікації**.



**Органічні речовини** – речовини, обов'язковими елементами яких є вуглець і водень

**Неорганічні речовини** – це речовини, для яких не обов'язкова наявність вуглецю і водню.

**Засвоювані речовини** – речовини, що легко вступають в обмін речовин організму людини. До них відносяться цукрі, крохмаль, багато білків, жири, вітаміни і ін.

**Незасвоювані речовини** – ті, що не перетравлюються організмом людини і виводяться з нього. Однак багато не засвоюваних речовин мають здатність поглинати різні забруднювачі, що потрапляють в організм, тому такі речовини хоча і не відносяться до поживних, але мають певну корисність, попереджаючи отруєння і забруднення організму шкідливими речовинами. До незасвоюваних речовин відносяться клітковина, пектинові речовини, геміцелюлози, білки кісткової тканини та ін.

**Важкозасвоювані речовини** – речовини, що використовуються організмом людини лише частково через погану засвоюваність. Такі речовини умовно відносяться до поживних. Вони представлені білками сполучної тканини мяса – еластином і колагеном, жирами з високою температурою плавлення, фітином та ін.

**Поживні речовини** – ті, що володіють корисністю для організму людини завдяки залученню їх у процеси життєдіяльності. До них відносяться усі засвоювані і частково засвоювані речовини. Саме поживні речовини задовольняють основні фізіологічні потреби людини.

**Баластні речовини** – такі, що не включаються в обмінні процеси організму людини, але які виводять із нього різні забруднювачі. Ці речовини представлені незасвоюваними і частково засвоюваними речовинами.

**Шкідливі речовини** – це забруднювачі, що наносять шкоду життю і здоров'ю людини. У залежності від їхньої природи або походження вони поділяються на хімічні, радіаційні і мікробіологічні токсини, а в залежності від масової частки – на токсичні і ксенобіотики. **Токсичними** називаються речовини, що наносять шкоду тільки при перевищенні їх максимально допустимого рівня (МДР). Зазначені речовини знижують безпеку харчових продуктів. Слід зазначити, що частина токсичних речовин у визначених межах навіть необхідні організмові людини. До таких речовин відносяться мідь, цинк, залізо, антибіотики. Навіть свинець і миш'як у мізерно малих кількостях беруть участь у процесах обміну речовин, хоча у великих кількостях є сильними отрутами.

**Ксенобіотики** – небезпечні, чужорідні для організму речовини, що наносять йому тільки шкоду. До таких речовин відносяться хлор- і ртутьорганічні з'єднання, мікробіологічні токсини (мікотоксини, афлотоксини та ін.), радіонукліди і ін.

**Природні речовини** – речовини, що утворюються в результаті природних процесів або життєдіяльності біологічних організмів. Ця група речовин є переважною в харчових продуктах, причому кожній групі і навіть виду властивий характерний тільки для нього набір натуральних речовин. Деякі з них слугують ідентифікуючими ознаками продукту. Наприклад, для продуктів рослинного походження властива перевага вуглеводів над білками, а тваринного походження – вміст білків, при низькому вмісті або повній відсутності вуглеводів. Вміст жиру є скоріше видовою, ніж груповою ознакою.

Так, є олійні й горіхоплідні рослини, насіння яких багаті жиром, а є і нежирні риби (наприклад, родина тріскових). До природних відносяться більшість органічних і неорганічних речовин.

**Штучні речовини** – речовини, що утворюються при хімічних реакціях у процесі виробництва харчових продуктів. Значна кількість з цих речовин формує нові споживчі властивості готового продукту, що відрізняються від вихідної сировини. У порівнянні з природними перелік цих речовин невеликий. До нього в основному входять гідрогенізовані або переетирифіковані жири, що складають жирову основу маргаринової продукції, штучні барвні речовини, меланоїдини, карамеліни, флабофени та ін.

Синтетичні речовини – спеціально синтезовані і внесені в склад продукту як добавки для поліпшення органолептичних або технологічних властивостей. Перелік цих речовин досить великий, але вони мають вузькоспеціалізоване призначення.

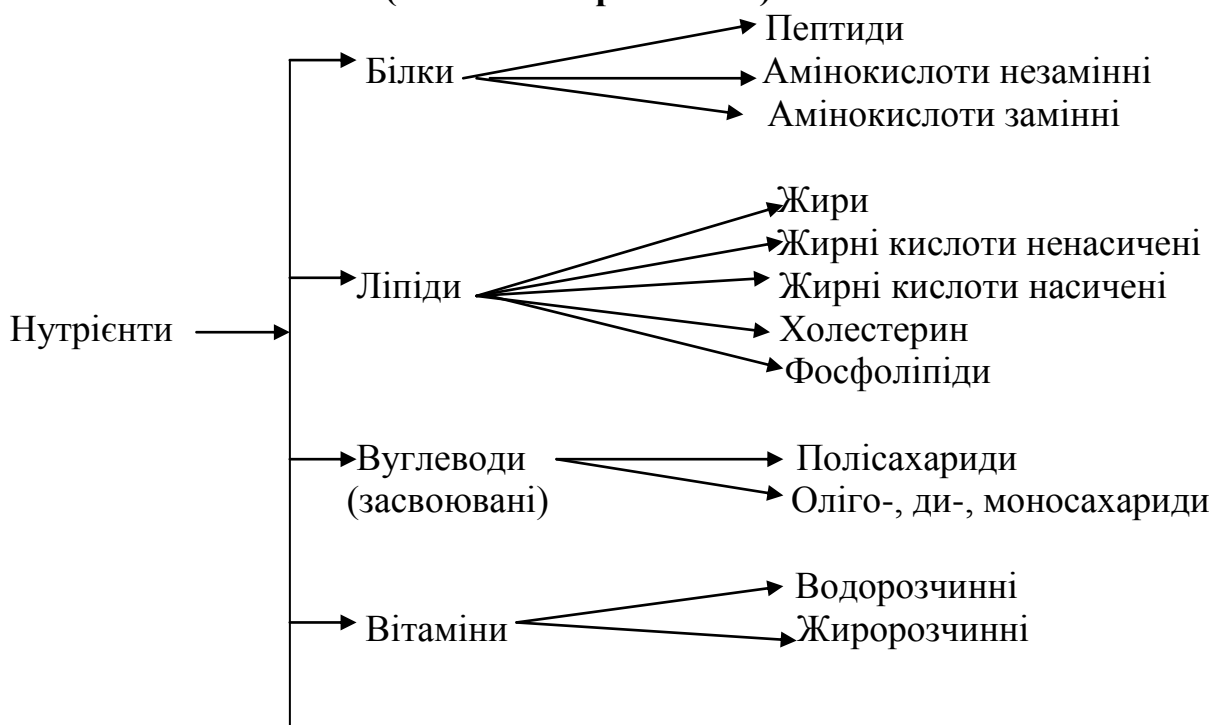
Деякі синтетичні речовини за хімічною природою аналогічні або однакові з натуральними. Наприклад, синтетичні вітаміни, гідрогенізовані жири та ін. Однак найчастіше вони отримані хімічним синтезом або за допомогою мікроорганізмів, тому їх супроводжують іноді проміжні речовини синтезу і інші домішки, не властиві природним речовинам. У ряді випадків синтетичні речовини є ізомерами натуральних і погано засвоюються організмом людини.

Відповідно до класифікації складу харчових продуктів, запропонованою Покровським О.О., можна виділити в них наступні групи речовин (рис. 1).

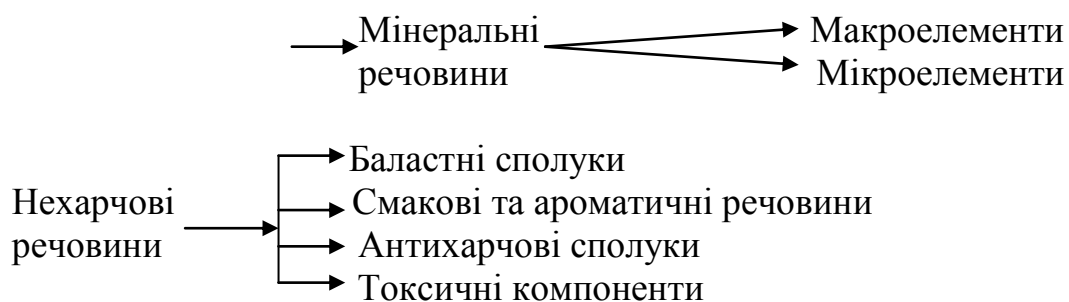
### **Білки та інші азотисті сполуки сировини, їх властивості**

Азотисті речовини – сполуки до складу молекул яких входить азот. Їх класифікація представлена на рис. 2. Найбільш важливе значення у харчуванні людини мають білки, вміст яких в харчових продуктах переважає над іншими азотистими речовинами.

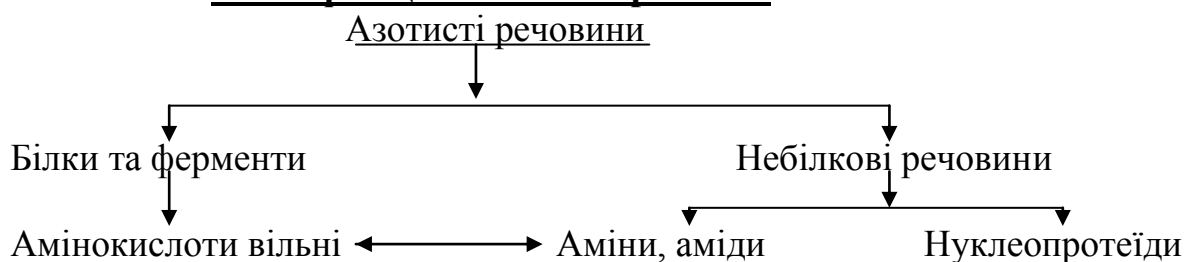
### **Класифікація складу харчових продуктів** (за О.О. Покровським)







**Рис. 2 Класифікація азотистих речовин**



**Білки** – це високомолекулярні сполуки, до складу яких входять амінокислоти. Вони складають близько 20 % маси тіла людини і понад 50 % сухої маси клітин. Білки є основним матеріалом з якого будуються клітини, тканини та органи тіла людини. Основні прояви життя – рух, ріст, розмноження, травлення, каталіз та ін. – обумовлені речовинами білкової природи. При нестачі в їжі білків знижується працездатність, затримується загальний фізичний розвиток людини. При окисленні в організмі 1 г білка виділяється 4,1 ккал енергії.

Вміст білкових речовин в окремих харчових продуктах різний. Наприклад, у м'ясі і рибі він складає 17-20 %, в гороху і квасолі – до 36, сирах – 20-36, яйцях – 12-15 %.

У природі існує велика кількість білків, різних за хімічним складом та структурою, фізико-хімічними та біологічними властивостями. Усі білки класифікують за фізико-хімічними властивостями та їх хімічним складом. Поділяють білки на дві групи – прості (протеїни) та складні (протеїди).

Протеїни – це білки, до складу яких входить лише залишки амінокислот. Протеїди складаються з простого білка та небілкового компонента – простетичної групи. Наприклад, до складу нуклеопротейдів крім простого білка входять нуклеїнові кислоти, фосфор та ін.

Білки виконують **пластичну функцію** – входять до складу ядра, протоплазми, мембран клітин усіх органів та тканин, **приймають участь у процесах відтворення живої матерії**, тому що входять до складу нуклеопротейдів. Білки виконують **опорну функцію**, тому що входять до складу клітин і хрящів, а актин і міозин забезпечують **скорочення м'язів**. Білки мають **каталітичну активність**, тому що всі ферменти являються білками. Білками виконують **захисну функцію організму**. Наприклад, **антитіла**, які утворюються під час надходження в організм сторонніх речовин, є білками. Білки виконують також **антитоксичну функцію**, тому що

утворюють із токсинами малоактивні комплекси, які виводяться з організму. Білки плазми крові виконують **транспортну функцію**, приймаючи участь в обмінних процесах, **регуляторну функцію**, тому що значна кількість гормонів і їх похідних є білками.

При дефіциті в раціоні вуглеводів та ліпідів, білок є джерелом енергії. В тканинах людини білки не відкладаються, тому необхідно їх щоденне надходження з їжею. Без достатньої кількості білків не можуть бути використані вітаміни, мінеральні речовини, необхідні для процесу обміну речовин. Таким чином, білки відносяться до життєво необхідних речовин, без них неможливе життя, ріст та розвиток організму.

В залежності від форми молекул білки поділяються на глобулярні і фібрилярні. **Глобулярні білки** розчинні у воді, слабких розчинах солі – це альбуміни і глобуліни яєчного білка, молока, сироватки крові. До **фібрилярних білків, які не розчинні у воді**, відноситься міозин (білок м'язів), колаген і еластин – білки сполучних тканин, шкіри і сухожилів.

**Харчову цінність білків** визначають 2 фактори – **біологічна цінність**, тобто амінокислотний склад, і **засвоюваність білка**, яка залежить від його фізико-хімічних властивостей та ступеня обробки продукту. Біологічна цінність білків визначається в основному **вмістом незамінних амінокислот**. Повноцінні білки містяться в продуктах тваринного походження – м'ясних, молочних, рибних, а також у яйцях.

#### Добова потреба людини в амінокислотах

Незамінні амінокислоти	Добова потреба. г	Замінні амінокислоти	Добова потреба. г
Триптофан	1	Цистеїн	2-3
Лейцин	4-6	Тирозин	3-4
Ізолейцин	3-4	Аланін	3
Валін	4	Серин	3
Треонін	2-3	Глютамінова кислота	6
Лізін	3-5	Аспарагінова кислота	6
Метіонін	2-4	Пролін	5
Фенілаланін	2-4	Гліцин	3
Гістидин	2		

**Біологічна цінність білків** відображає їх якість, під якою розуміється не тільки амінокислотний склад, а й ступінь їх засвоюваності під дією травних ферментів.

**Білки поділяються на повноцінні і неповноцінні**. Перші містять всі незамінні амінокислоти, в інших – відсутні одна або кілька незамінних амінокислот. Дуже важливим є не тільки склад замінних і незамінних амінокислот в білках, але і їх співвідношення. Для визначення біологічної цінності білків використовують хімічні, біологічні та розрахункові методи.

Найбільш поширені хімічні методи, які засновані на експериментальному визначенні амінокислотного складу білків і порівнянні їх з «ідеальним» білком, склад якого запропонувала комісія ФАО/ВООЗ. Підраховують відсотковий вміст кожної з амінокислот відносно її вмісту в «ідеальному» білку, тобто амінокислотний скор, за формулою:

$$AC = \frac{G_{AK} \text{ в } 1g \text{ досліджуваног обілка} \cdot 100}{G_{AK} \text{ в } 1g \text{ ідеальног обілка}}$$

де AC – амінокислотний скор, %

$G_{AK}$  – вміст амінокислоти, мг;

**Лімітованою амінокислотою**, що обмежує біологічну цінність білка, вважається та, скор якої має найменше значення. Звичайно розраховують скор для трьох найбільш дефіцитних амінокислот. **У курячих яйцях та жіночому молоці скор для всіх есенціальних амінокислот близький до 100 %.**

У середньому білки їжі засвоюються на 92 %, засвоєння білків тваринного походження складає 97 %, рослинних – 83-85 %, що пов'язано з вмістом баластних речовин у продуктах рослинного походження.

В Україні прийняті оптимальні норми споживання білків, згідно з якими за рахунок білка їжі енергетична потреба організму забезпечується на 11-13 % від загальної енергетичної потреби організму. З них білки тваринного походження повинні складати 55 %.

Потреба у білку залежить від віку, статі, характеру праці, кліматичних умов та національних особливостей харчування.

До **небілкових азотистих речовин** відносяться аміачні сполуки, нітрати, нітриди та ін.

Аміачні сполуки виявляються в харчових продуктах у вигляді аміаку і його похідних, як продукти розпаду білків або амінокислот. Їх наявність служить ознакою гнильного псування продуктів. **При оцінці м'яса і риби, виявлення аміаку є важливим показником їхньої свіжості.** Похідні аміаку додають продуктам невластиві запахи: моноаміни – аміачний, диметиламіни – оселедцевий, триметиламіни – гнилої риби.

**Нітрати і нітриди** – це солі азотної і азотистої кислоти. У кількості 5 мг% ці речовини застосовуються як стабілізатори кольору м'ясних виробів – ковбас, копченостей. Вони накопичуються у свіжих плодах і овочах, особливо при посиленому азотному підживленню. **Вміст нітратів і нітритів відносяться до показників безпеки.**

**За певних умов білкові речовини перетворюються у драглі**, які характеризуються рядом фізичних властивостей, які характерні для твердої речовини – мають значну міцність, пружність, еластичність. Драглі є основою структур багатьох харчових продуктів тваринного і рослинного походження.

**Набрякання або гідратація білків** – це здатність білків поглинати і утримувати протягом певного часу зв'язану воду. При цьому в багато разів змінюється об'єм набряклих білків і консистенція продукту. **Набряклі білки утворюють колоїдні системи – гелі**, які мають драглеподібну консистенцію. Типовим прикладом таких гелів є пшеничне тісто. По закінченні визначеного

часу гелі втрачають здатність утримувати воду. **Це явище називають синерезисом.** В результаті синерезису відбувається старіння білків борошна, крупи, особливо бобових, хлібобулочних виробів, що викликає їх черствіння.

Денатурація і коагуляція білків – процес згортання і випадіння білків в осад під дією різних факторів. При цьому втрачається їх здатність до розчинення в різних розчинниках, але покращується їх засвоюваність. **Денатурація білків** викликається: **тепловою обробкою** – при варінні круп, м'яса, яєць, риби; органічними кислотами – при скисанні молока, квашенні і маринуванні овочів; кухонної солі – при солінні; зниженими температурами – при заморожуванні м'яса, риби, плодів і овочів; підвищеними концентраціями цукру – при консервуванні цукром; солей важких металів, зневодненням – при сушінні. У ряді випадків денатурація білків настає при низьких температурах теплової обробки і значно прискорюється – при підвищенні температури до 60-65 °С. Підвищення температури до 100 °С і вище призводить до більш глибоких змін білків. Що супроводжується утворенням з'єднань стійких до ферментативного гідролізу. А через це – до зниження засвоюваності білків.

**Денатурація може бути зворотною і незворотною.** При зворотній денатурації відновлюється здатність білків до набрякання. Вона спостерігається при дії солей, кислот, цукру, частково – при сушінні. Денатурація залежить від концентрації речовин, що викликають денатурацію, тривалості їх дії. **Незворотна денатурація** відбувається при нагріванні до температури вище 50-60 °С.

Денатурація білків спостерігається і при тривалому зберіганні, наприклад, насіння бобових, білки яких втрачають здатність до набрякання внаслідок зменшення їх гідрофільності. Вона відіграє важливу роль у ряді технологічних процесів – при виготовленні консервів, при випічці хліба, кондитерських виробів, при сушінні макаронів, овочів. Молока, яєчного порошку.

**Гідроліз білків** – процес розпаду молекул білків за участю води до поліпептидів, пептидів і вільних амінокислот. Цей процес має місце при засвоєнні білків. Гідроліз може відбуватися за участю ферментів або кислот при нагріванні. Гідролітичні процеси мають місце при бродінні тіста, вина, квашенні, проростанні овочів, при дозріванні сирів, м'яса, риби, а також при мікробіологічному псуванні.

Реакція середовища, при якому кількість позитивних і негативних зарядів білка стає однаковим, білок втрачає здатність розчинятися і випадає в осад, називається **ізоелектричною точкою** даного білка. Наприклад для казеїну ізоелектрична точка знаходиться при рН 4,7, для яєчного водорозчинного альбуміну – при рН 6,2. Зміна білків м'яса, риби й інших продуктів при теплової обробці впливає на такий технологічний показник, як вихід виробів.

**При участі азотистих речовин відбувається неферментативне утворення коричневого забарвлення харчових продуктів.** Неферментативне потемніння продуктів відбувається при їх готуванні і зберіганні. Процес утворення коричневого забарвлення представляє собою взаємодію між аміногрупою амінокислот, амінів, поліпептидів і білків та глікозидною групою цукру називається **реакцією Майяра, або меланоїдиноутворенням.** В

результаті реакції утворюються полімерні сполуки, які забарвлені в коричневий колір і називаються **меланоїдинами**. На перебіг цієї реакції впливає температура, вологість, рН, склад взаємодіючих компонентів, присутність солей, вітамінів, летких альдегідів. Меланоїдиноутворення знижує як харчову, так і споживчу цінність продуктів. Наприклад, меланоїдини утворюються в молоці при тривалому кип'ятінні, у згущеному молоці – при його зберіганні. Реакції меланоїдиноутворення протікають у слабо лужному, нейтральному і слабо кислоту середовищі.

**Утворення меланоїдинів бажано** при жарінні риби, м'яса та овочів. Утворюється характерне фарбування, аромат і смак смажених продуктів. Зниження харчової цінності продукту внаслідок покоричневіння обмежується лише поверхнею продукту.

**Утворення меланоїдинів небажано** при виробництві консервів у герметичній тарі – плодівих соків, джемів, сушених овочів, грибів, м'яса, м'ясних і овочевих виробів, томат-продуктів, тому що це призводить до потемніння, зміни аромату та смаку готової продукції. У яєчному порошку, згущеному молоці змінюється вміст лізину, білки стають коричневими, їх молекулярна маса збільшується, іноді вони втрачають розчинність. При зберіганні супових концентратів, бульйонних кубиків, м'ясних екстрактів з'являються проміжні продукти реакції Майяра. При виробництві деяких продуктів для попередження меланоїдиноутворення використовують сировину з малим вмістом редуруючих цукрів. Наприклад, для виготовлення сушеної картоплі, картопляної крупки, використовують бульбу з вмістом цукрів до 0,4 %.

**Неферментативне покоричневіння** може відбутися у виробках, що містять ліпіди і білки, якщо продукт зберігається при підвищеній температурі протягом тривалого часу. При цьому продукти окислення жирів вступають у хімічний зв'язок з функціональними групами білків. В результаті цих реакцій змінюється не тільки забарвлення, а й консистенція, знижується харчова цінність продукту, зменшується розчинність білків і розщеплення їх ферментами.

**Ферментативне потемніння** продуктів спостерігається в результаті окислення амінокислот під дією ферментів. Наприклад, після 2-3 місяців зберігання картоплі при температурі 0 °С може відбутися потемніння серцевини бульби в результаті окислення амінокислоти тирозину під впливом ферменту тирозинази. Окислюючись, тирозин перетворюється в меланін, який має чорний колір. Таке ж явище спостерігається при недостатній тепловій обробці буряків і буряк набуває чорного кольору.

### **Вуглеводи та їх похідні**

**Вуглеводи** – є основними компонентами продуктів рослинного походження. В раціоні харчування вони займають провідне місце, тому що являються основними постачальниками енергії. При підвищених енерговитратах потреба у вуглеводах зростає. Організм людини не може запасати вуглеводи у великій кількості. Невелика кількість глікогену

утримується у м'язах, а глюкози – у крові. До складу вуглеводів входять 3 групи вуглеводів – моносахариди, олігосахариди, полісахариди.

За харчовою цінністю вуглеводи поділяються на засвоювані і незасвоювані. **Засвоювані вуглеводи** перетравлюються у травному тракті людини, продукти гідролізу всмоктуються у тонкому кишечнику і беруть участь в метаболічних процесах. До засвоюваних вуглеводів відноситься більшість моносахаридів, олігосахаридів та деякі полісахариди. **Не засвоювані** вуглеводи – це харчові волокна.

**Представниками** найбільш розповсюджених **моносахаридів** являються – глюкоза, фруктоза, галактоза, маноза; **олігосахаридів** – дисахариди сахароза, мальтоза, лактоза; **полісахаридів** – крохмаль, клітковина, глікоген, пектинові речовини та ін.

Моносахариди солодкі на смак і розчинні у воді, полісахариди – важко-розчинні або нерозчинні у холодній воді і не мають солодкого смаку.

**Глюкоза** – (виноградний цукор) міститься в харчових продуктах рослинного походження – зернових, плодоовочевих, і у невеликій кількості у м'язовій тканині м'яса, кров'яних ковбасах, сальтисон ах. Найбільш багаті глюкозою натуральний мед (близько №) %) і виноград. Глюкоза входить до складу інверсного цукру. Засвоюваність глюкози вище, ніж інших цукрів. При недостатньому утворенні в організмі гормону підшлункової залози інсуліну, використання глюкози сповільнюється і виникає захворювання цукровий діабет.

**Фруктоза** – (фруктовий цукор) є присутньою у багатьох продуктах рослинного походження разом з глюкозою, але відсутня у продуктах тваринного походження. Найбільш багатий фруктозою натуральний мед, який містить її до 35 %. Фруктоза – переважний цукор зерняткових плодів, кавунів. Залишки молекул фруктози входять до складу молекули полісахариду інуліні, що міститься в топінамбурі і часнику. Фруктоза має підвищену солодкість, добре засвоюється організмом людини. Встановлено, що фруктоза в меншій ступені викликає карієс зубів, ніж сахароза і глюкоза.

**Сахароза** – (буряковий цукор) складається з залишків молекул глюкози і фруктози. Сахароза є переважним цукром у динях, бананах, кісточкових, а також у всіх продуктах, які виробляються з використання цукру. Сахароза засвоюється організмом людини тільки після її гідролізу до моносахаридів. Надлишкове вживання сахарози сприяє розвитку діабету, ожирінню і карієсу зубів.

**Лактоза** – (молочний цукор) складається з залишків молекул глюкози і галактози. Засвоюється організмом людини і зброджується мікроорганізмами тільки після гідролізу. Має найнижчий ступінь солодкості. Лактоза є основним цукром молочних продуктів. При виробництві кисломолочних продуктів і сирів лактоза частково або цілком зброджується.

**Глікоген** – входить до складу тваринних організмів Він відкладається в основному у печінці в межах 2-10 % і служить запасною речовиною. З глікогену поступово утворюється і надходить у кров глюкоза, яка слугує джерелом енергії для всіх тканин. Глікоген розчинний у теплій воді з

утворенням колоїдного розчину, гідролізується аналогічно крохмалю і засвоюється організмом людини.

**Крохмаль** – важливий вуглевод для людини. В деяких раціонах складає 80-85 % від загальної кількості вуглеводів. Джерелом крохмалю є зернові, бобові, картопля. Часто використовується в якості добавок при виготовленні продуктів з тваринної сировини – варених ковбас, паштетів деяких консервів. Крохмаль нерозчинний у холодній воді, в гарячій воді – утворює колоїдні розчини. Крохмаль складається з амілози і амілопектину. У гарячій воді амілоза розчиняється, а амілопектин – набрякає. В процесі зберігання розчинів крохмалю, амілоза ретроградує і випадає в осад. Це явище вважається однією з причин черствіння хліба і старіння виробів із круп. Фізико-хімічні властивості крохмалю дозволяють одержувати на його основі напівфабрикати, що володіють необхідною водопоглинаючою здатністю та пластичністю.

При нагріванні крохмалю з водою у кислому середовищі або в присутності ферментів – амілаз відбувається його гідроліз. Продукти гідролізу можуть карамелізуватися і вступати в реакції меланоїдиноутворення. Термічна обробка продуктів, які містять крохмаль – варіння у воді, на парі, випічка, сушіння при атмосферному і підвищеному тиску, смаження у фритюрі та ін., дає можливість одержати вироби різної консистенції – супи. Соуси, і сприяє утворенню структур хліба, крекерів, екструдованих продуктів, які мають структуру наповнену повітрям – кукурудзяні палички та ін.

Для різних галузей виробництва виробляються модифіковані крохмалі, які мають певні фізико-хімічні властивості, і використовуються в якості загущувачів при виготовленні желейних цукерок, східних солодоців, виробництва продуктів із м'яса, риби та ін.

**Клітковина** – (целюлоза) міститься у всіх продуктах рослинного походження. Клітковина майже не засвоюється організмом людини, але у складі харчових волокон вона сприяє перистальтиці кишечника і виведенню важких металів, холестерину та інших шкідливих речовин з організму людини. Клітковина не піддається впливу слабких розчинів мінеральних і органічних кислот, лугів, солей. Вона гідролізується до глюкози тільки ферментами і сильними мінеральними кислотами. На відміну від крохмалю і глікогену клітковина при нагріванні у воді не розчиняється.

**Пектинові речовини.** До них відноситься протопектин, пектин, пектинова і пектова кислоти. Всі пектинові речовини, за винятком протопектину, розчинні у воді. Їх властивості використовують для отримання драглеподібної продукції – желе, повидла, конфітюру, джему, кондитерських виробів. Джерелом надходження пектинових речовин в організм людини є свіжі овочі, фрукти, фруктово-ягідні консервовані і кондитерські вироби. Найбільш багаті ним буряк, морква, чорна смородина; мають середній вміст – яблука, айва, кісточкові плоди, картопля, зернові товари; низький вміст – листові овочі.

**Пектин** – метоксильований ефір полігалактуронової кислоти, розчинний у воді, гідролізується в присутності лугів або ферментів з утворенням спочатку пектинової, а потім пектової кислоти і метилового спирту. Пектин має високу вологоутримуючу і драглеутворюючу здатність. Пектин міститься тільки у

рослинній сировині у вигляді протопектину, який входить до складу клітин рослинної тканини і його отримують з відходів переробки яблук, цукрового буряку та ін. за допомогою кислотного або ферментативного гідролізу протопектину. Пектин зв'язує і виводить з організму людини значну кількість шкідливих для організму людини речовин – солі важких металів, холестерин, радіонукліди, пестициди, бактеріальні і грибні отрути. Тому пектин широко використовують при виробництві продуктів лікувально-профілактичного призначення.

**Пектинова кислота** – полімер, який складається з залишків молекул галактуронової кислоти. Пектинова кислота розчинна у воді. Але не утворює желе і не зв'язує шкідливих речовин.

### **Ліпіди сировини та харчових продуктів**

**Ліпіди** – це група органічних речовин, що не розчиняється у воді. Різні за своєю хімічною будовою, а також характеризуються різною розчинністю в органічних розчинниках – спирті, ефірі, хлороформі, ацетоні, бензолі та ін. За хімічним складом та фізико-хімічними властивостями ліпіди поділяються на групи – прості, складні та похідні ліпідів.

**До групи простих ліпідів** відносяться ліпіди, які побудовані із залишків спиртів та вищих жирних кислот. Найпоширенішими з них є нейтральні жири (гліцериди), стерини та віски.

**До групи складних ліпідів (ліпоїдів)** відносяться ліпіди, які мають у молекулі, крім спиртів і вищих жирних кислот, залишки фосфорної або фосфорної кислоти, азотистих речовин, вуглеводів та ін. компонентів. Основні представники цієї групи ліпідів – фосфоліпіди і гліколіпіди.

**До групи похідних ліпідів** відносять каротини, окремі жиророзчинні вітаміни, жирні кислоти, вищі сперти та ін.

Ліпіди входять до складу рослинних і тваринних тканин: як структурні елементи тканини; як жири запасу, що знаходяться у сполучній тканині тварин і риб серед м'язових волокон, утворюючи «мармуровість» м'яса; у жировій тканині тварин; підшкірній клітковині, печінці та кістках тварин; в зародках зерен; насінні рослин; іноді у м'якоті плодів, таких як маслини і обліпіха. Вегетативні частини рослин накопичують близько 5 % ліпідів, насіння – до 50 % і більше.

**У харчових продуктах, з ліпідів переважають жири.** Ними багаті рослинні олії і коров'яче масло, маргарин, кулінарні та топлені жири, які містять 82-99 % жиру, горіхи – до 67 %. Мало жирів в зернах злаків – від 1,5 до 6 %, плодах і овочах – до 0,5 %, макаронних та простих хлібних виробів – до 0,9 %.

**Жири представляють собою ефіри спирту гліцерину та вищих жирних кислот.** У природних жирах міститься до 2 % супутніх речовин, від яких залежить забарвлення, аромат та смакові особливості.

Жири поділяються на тваринні і рослинні. Джерелом тваринних жирів для організму людини є сало. Вершкове масло, жирна свинина, ковбаси, сметана, тверді сири та ін. Властивості жирів визначають жирні кислоти, які поділяються на 2 групи: насичені та ненасичені. Які мають подвійні зв'язки.



Від кількості подвійних зв'язків у молекулі жирних кислот залежать фізико-хімічні властивості жирів. Найбільше значення за ступенем поширення в продуктах та властивостями мають такі насичені кислоти, як стеаринова і пальмітинова, і ненасичені, такі як олеїнова, ліолева, ліоленова, арахідонова. Насичені жирні кислоти зустрічаються переважно у тваринних жирах, ненасичені – у рослинних оліях, горіхах, морепродуктах, вівсяній та гречаній крупах. Ліолева та ліоленова кислоти не синтезуються в організмі людини, а арахідонова може утворюватись з ліолевої. Жири в залежності від складу жирних кислот можуть бути тверді, мазеподібні або рідкі і мають різні температури плавлення. Чим більше ненасичених жирних кислот входить до складу жиру, тим він рідкіший. Температура плавлення яловичого жиру, у складі якого переважають насичені жирні кислоти, знаходиться в межах 42-52 °С. свинячого – 28-48 °С. Температура застигання соняшникової олії від (-16 °С) до (-18 °С), яловичого жиру – 34-38, свинячого 22-32 °С. Жири не розчиняються у воді, а утворюють емульсії, при нагріванні вище 200 °С – киплять, при температурі 240-250 °С – розкладаються з утворенням летких продуктів.

**Ліпоїди** – за кількісним вмістом у харчових продуктах поступаються жирам, але роль їх досить суттєва.

**Фосфоліпіди** – складні ефіри гліцерину, жирних кислот і фосфорної кислоти. Зустрічаються в рослинних і тваринних тканинах, у складі клітинних оболонок і мембран. Особливо багато їх в зародках зерна, нервовій тканині, серці і печінці тварин, яйцях птиці. Фосфоліпіди володіють емульгуючими властивостями. Завдяки чому використовуються в якості емульгаторів при виробництві маргаринової продукції, шоколаду, майонезу і морозива.

**Стерини** – високомолекулярні спирти. Що містяться в рослинних і тваринних організмах у вільному вигляді або у вигляді ефірів з високомолекулярними кислотами (стероїдів). В залежності від походження розрізняють зоостерини. Які знаходяться в тваринних тканинах, і фітостерини, які знаходяться в рослинних тканинах.

Найважливішим представником зоостеринів є **холестерин**, який в організмі людини міститься у нервових тканинах, і бере участь в утворенні гормонів над нирок і інших фізіологічно активних речовин. При надлишку його в крові холестерин відкладається на стінках артеріальних судин. Що призводить до атеросклерозу, а в жовчі – до жовчно - кам'яної хвороби.

Холестерин та його похідні в організмі виконують функцію емульгаторів жиру та стабілізаторів жирової емульсії, що сприяє нормальному стану клітини і обміну речовин. Крім того, холестерин зв'язує і знешкоджує в організмі бактеріальні токсини.

**Віски** – жироподібні речовини, що складаються з залишків молекул високомолекулярних одноатомних спиртів і вищих жирних кислот. Віски поділяються на рослинні і тваринні. Перші покривають плоди, листя, стебла рослин, захищають їх від змочування, випаровування вологи, проникнення мікроорганізмів. До тваринних вісків – відносяться бджолиний віск, ланолін шерсті вівці та ін. Вони не засвоюються організмом людини

В харчових жирах можуть відбуватися реакції гідролізу, окислення та відновлення.

**Гідролітичне розщеплення жирів** протікає в процесі виготовлення і зберігання жири. Жири при певних умовах реагують з водою, утворюючи гліцерин і жирні кислоти. Ступінь гідролізу жирів характеризується вмістом вільних жирних кислот. При їх накопиченні погіршується смак і запах продукту.

В тваринних жирах – гідроліз жирів протікає при витопленні їх у відкритих котлах. У копчених ковбасах, беконі, солоному шпику спостерігається гідроліз жирів при виготовленні і зберіганні

Окислення жирів або окисне прогорання – це взаємодія кисню повітря і залишків жирних кислот. Окислення жирів – найбільш розповсюджений вид псування жирів і жировмісних продуктів під час зберігання.

Особливо чутливі до дії кисню поліненасичені жирні кислоти, які містяться у великій кількості у рослинній олії і риб'ячому жирі, при зберіганні в присутності повітря, на світлі або при підвищених температурах швидко окислюються і з'являється неприємний запах та смак, тобто жири прогоркають. Тому їх зберігають у темному приміщенні, без доступу повітря і до них додають антиоксиданти.

Процеси смаження протікають при температурі 160-190 °С, тому що при більш високій температурі жир починає розкладатися і диміти. При смаженні у фритюрі, жир піддається тривалому нагріванню при 160-190 °С, при цьому з продуктів надходить вода з розчиненими в ній речовинами. В цих умовах у жири інтенсивно протікають гідролітичні, окислювальні процеси і полімеризація, внаслідок чого жир темніє і підвищується його в'язкість.

### **Вітаміни**

Вітаміни відносяться до групи незамінних нутрієнтів органічної природи, різноманітної будови, які необхідні для забезпечення обміну речовин в організмі людини. Вітаміни повинні постійно надходити з їжею, тому що в організмі людини вони не синтезуються. Потреба у вітамінах обчислюється у міліграмах і мікрограмах.

**Вітаміни поділяються** на дві групи – розчинні у воді і розчинні у жирах. До першої групи відносяться вітаміни С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, Р, РР та ін., до другої – А, D, Е, К.

**Вітамін С (протицинготний)** – L-аскорбінова кислота відіграє важливу роль у окислювально-відновних процесах організму. Нестача його призводить до зниження опору організму різним захворюванням. Добова потреба – 70 мг.

Вітамін С міститься головним чином в плодах і овочах, сухі плоди шипшини, чорна смородина, хрін, солодкий перець, зелена цибуля, цитрусові, яблука та ін. Вітамін С швидко руйнується при зберіганні сушінні, варінні, але добре зберігається при квашенні і заморожуванні. Вітамін С використовується як антиоксидант для зберігання харчових продуктів, а також при приготування напоїв.

**Вітамін В<sub>1</sub> (тіамін)** – попереджає захворювання, що ведуть до паралічів, розладу нервової системи. Добова потреба – 1,5 мг. У кислому середовищі

вітамін стійкий до нагрівання і варіння, у лужному середовищі легко окислюється киснем повітря.

Велика кількість вітаміну міститься у м'ясі, печінці, рибі і дріжджах, а також харчових продуктах рослинного походження – горіхах, квасолі, гороху, гречаній і вівсяній крупах, у зародках і оболонках злаків.

**Вітамін B<sub>2</sub> (рибофлавін)** – в організмі людини входить до складу ферментних з'єднань – флавопротеїдів. При його відсутності спостерігається зниження апетиту, зупинка росту, захворювання очей, розвиток анемії та ін. розлади. Добова потреба – 1,8 мг.

Джерела надходження вітаміну в організм людини – молоко, яйця, риба, печінка, нирки, серце, м'ясо і молоді овочі, дріжджі. Вівсяна і гречана крупи, картопля і капуста. Звичайна кулінарна обробка, за винятком варіння у лужному середовищі, майже не руйнує рибофлавіну. Зневоднення продукту, наприклад, сушіння риби, призводить до втрати вітаміну.

**Вітамін B<sub>3</sub> (пантотенова кислота)** – міститься у всіх харчових продуктах. Тому потреба в ньому повністю задовольняється. Добова потреба – 5-10 мг. Він міститься у пивних дріжджах, печінці, яєчному жовтку, картоплі капусти. Під дією високих температур вітамін B<sub>3</sub> руйнується.

**Вітамін B<sub>6</sub> (піридоксин)** – при його відсутності спостерігається порушення білкового обміну і синтезу жирів у тваринному організмі, з'являються захворювання шкіри. Добова потреба – 2,0 мг.

Вітамін стійкий до кислот, лугів і високих температур, але легко руйнується при обсмажуванні, копченні і тушінні, а також під дією світла. Велика кількість вітаміну у дріжджах, пшеничних зародках, рисових висівках.

**Вітамін B<sub>9</sub> (фолієва кислота)** – нестача фолієвої кислоти при незначному вмісті в їжі білків призводить до порушення кровотворення. Добова потреба – 0,2 мг. Вітамін міститься в рослинних і тваринних продуктах – салаті, шпинаті, зеленій цибулі, зеленому горошку квасолі, борошні низьких сортів, печінці, нирках, сирі, ікрі, яєчному жовтку. При тепловій обробці руйнується майже 90 % вітаміну.

**Вітамін B<sub>12</sub> (ціанкобаламін)** – володіє кровотворною здатністю, а також підвищує використання організмом рослинних білків, наближаючи їх до тваринних. Добова потреба – 0,003 мг. Головне джерело цього вітаміну – продукти тваринного походження – печінка, нирки, яєчні жовтки, молочні продукти, краби, морська капуста. Часто вітамін B<sub>12</sub> синтезується мікрофлорою кишечника.

**Вітамін P (рутин, чайний катехін)** – зменшує проникність судин, підвищує міцність капілярів, стимулює тканинне дихання. Впливає на діяльність ендокринних залоз, сприяє накопиченню в тканинах вітаміну С. Добова потреба – 25 мг. Значна кількість вітаміну міститься у шипшині, чорній смородині, винограді, чайному листі, перці, цибулі. Вітамін стійкий при переробці плодів і овочів.

**Вітамін A (ретинол)** – необхідний для росту і розвитку організму, формування кісток, клітин епітелію і слизових оболонок очей, дихальних, травних і сечовивідних шляхів, входить до складу біологічних мембран,

впливає на обмін ліпідів і вуглеводів, амінокислот, утворення білків в тканинах, процеси перекісного окислення, підвищує опір організму до інфекцій, впливає на функції статевих і щитовидної залоз. Добова потреба – 1,0 мг. Під дією кисню повітря руйнується швидко, зберігається при нагріванні навіть при 120-130 °С. Втрати при кулінарній обробці ретинолі коливаються від 0 до 40 %, каротину – від 0 до 30 %. Ретинол міститься в продуктах тваринного походження – вершковому маслі, яєчному жовтку, печінці, ікрі риб, а провітамін вітаміну А каротин – в продуктах рослинного походження – моркві, абрикосах, персиках овочевій зелені.

**Вітамін D (кальциферолі)** – необхідний для нормального обміну кальцію і фосфору в організмі і збереження структури кісток, забезпечує ріст і мінералізації зубів. Джерелом надходження його жир печінки тріски і камбали, печінка яловича, молоко, жовтки яєць, м'ясо, гриби. Добре зберігається при консервуванні і кулінарній обробці. Вітамін надходить в організм не тільки з їжею, але можу утворюватись в ньому під впливом ультрафіолетових сонячних промінів.

**Вітамін E (токоферол)** – необхідний для тканинного дихання, обміну білків, жирів і вуглеводів, покращує засвоюваність жирів, вітамінів А і D, сприяє підтриманню стабільності мембран клітин, інактивує вільні радикали завдяки антиоксидантним властивостям, впливає на функції статевих залоз. Відсутність його викликає безплідність, м'язову слабкість. Добова потреба – 10 мг. Багато вітаміну у зародках злаків, олії, вершковому маслі, сирі, квасолі капусти, моркві. Токоферолі чутливі до ультрафіолетового світла, нагрівання до 200 °С в присутності кисню, дії кислот і лугів. Застосовується як антиоксидант для запобігання прогорканню жирів

**Вітамін K (філохінони)** – необхідний для утворення протромбіну та інших речовин, що запобігають згортанню крові, підвищує стійкість стінок судин, нормалізує перистальтику шлунково-кишкового тракту і діяльність м'язів. При нестачі його відбувається підшкірні крововиливи. Добова потреба – 0.2-3,0 мг. Джерелом його надходження є продукти рослинного і тваринного походження – свиняча печінка, шпинат, капуста, кропива, томати, картопля, м'ясо.

### **Мінеральні речовини**

У харчових продуктах мінеральні речовини містяться у вигляді солей, а також у складі високомолекулярних органічних речовин. При спалюванні продуктів харчування мінеральні елементи залишаються у вигляді золи, забарвлення якої залежить від того, який мінеральний елемент переважає в його складі.

Мінеральні речовини входять до всіх клітин і тканин, беруть участь у процесах обміну між клітинами і міжклітинною рідиною, в утворенні ферментів, гормонів, травних соків, підтримують колоїдний стан білків, осмотичний тиск і реакцію середовища тканини.

Мінеральні речовини за кількісним вмістом у продуктах харчування поділяються на макро-, мікро- і ультрамікроелементи. **До макроелементів відносяться** – натрій, калій, фосфор, кальцій, магній, хлор, сірка, кремній,

залізо. Кальцій, фосфор, магній, натрій, калій, хлор, кремній – необхідні для утворення кісток, зубів і тканин внутрішніх органів людини. Залізо є складовою частиною гемоглобіну крові і ферментів оксидаз, накопичується в печінці і селезінці. Солі натрію, калію, і кальцію входять до складу крові і клітинного соку. Сірка знаходиться в молекулах деяких білків і впливає на енергетичний обмін. Фосфор бере участь у різноманітних хімічних перетвореннях – диханні, реакціях руху, енергетичному обміні клітини. Йому належить важлива роль у активації ферментів вуглеводного обміну. **Кремній** входить до складу мукополісахаридів, тому його вміст у шкірі, хрящах, м'язах тіла людини досягає 0,01 %. **Кальцієм** багаті горіхи, молочні продукти, горох, шпинат, вівсяна крупа, морква та ін. Організм людини краще засвоює кальцій при наявності в їжі вітаміну D. **Магнію** багато в горіхах, морській капусти, морській рибі, кавунах, крупі, горосі. **Фосфором** багаті м'ясні, рибні, хлібні, круп'яні і молочні продукти, яйця, горіхи, картопля. **Калій** переважає у картоплі, горіхах, рибі, м'ясі. **Натрієм** багаті продукти з зерна, ікра риб, сири, яйця. **Сірки** більше у хлібі, крупах, м'ясі, яйцях, молоці. **Залізом** багаті вівсяна і гречана крупи, горіхи, горох, яйця, айва, персики, м'ясо. **Хлор** входить до складу сполучень з натрієм, калієм і переважає в тих продуктах, до складу яких входять ці елементи.

**До мікроелементів відносять** барій, бор, йод, кобальт, марганець, мідь, молібден, миш'як, свинець, цинк, фтор та ін. Мікроелементи активізують різні ферментативні процеси, впливають на тканинне дихання, внутрішньоклітинний обмін речовин, кровотворення, розмноження, процес росту та ін. Так, мідь, марганець, цинк і кобальт стимулюють ріст організму і утворення крові. Марганець і фтор – входять до складу кісток і зубів. Кобальт є складовою частиною вітаміну B<sub>12</sub>. Цинк. Мідь, залізо, молібден і марганець беруть участь у будові деяких ферментів. За допомогою йоду у щитовидній залозі утворюється гормон тироксин. Мікроелементами багаті плодові і овочеві соки. **Кобальт, мідь, цинк** у відносно великій кількості міститься у жовтку яєць, яловичій печінці, м'ясі, рибі, картоплі, буряку, моркві; **мідь** – у раках, рибі; **йод** – у морських рибах, водоростях, крабах, яйцях, цибулі, хурмі, салаті, шпинаті.

**До ультрамікроелементів** відносять радіоактивні елементи – уран, торій, радій та ін.

У значної кількості продуктів – м'ясних, рибних, яйцях, сири, хлібі, крупі, макаронних виробках, бобових, горіхах, переважають кислотні мінеральні речовини. ***Лужну реакцію середовища дають тільки мінеральні речовини овочів, молока і кисломолочних продуктів.*** Для підтримки лужно-кислотної рівноваги в тканинах організму в раціоні харчування необхідні продукти з мінеральним складом основного характеру.

Зміна мінерального складу продуктів може відбуватися при варінні, бланшуванні, смаженні та інших видах теплової обробки. При варінні овочів і плодів у воді втрачають ними мінеральних речовин вище, ніж при варінні на пару. Зі збільшенням тривалості обробки втрачають мінеральних речовин зростають. Наприклад, при бланшуванні, консервуванні і варінні зеленого горошку, вміст магнію, калію, фосфору зменшується, а вміст кальцію збільшується за рахунок

поглинання його з води. При замочуванні бобових, втрати мінеральних речовин складають 19-15 %.

### **Барвники**

В залежності від походження, барвники поділяються на три групи – природні, штучні і синтетичні. Природні барвники – натуральні речовини входять до складу плодів, овочів та ін. рослин, які утворені біологічними системами в процесі росту і розвитку. У харчові продукти вони потрапляють разом із сировиною. А в процесі переробки можуть піддаватися змінам. В залежності від забарвлення, **природні барвники рослинного походження поділяються на 4 підгрупи:**

- **зелені** – хлорофіл;
- **жовті і жовтогарячі** – каротин і ксантофіл, флавоноли і флавоноїди;
- **червоно-фіолетові** – антоціани;
- **безбарвні** – лейкоантоціани.

**Хлорофіли** у природі зустрічаються у формі  $\alpha$  і  $\beta$ . Він близький до складової частини гемоглобіну крові – гему, тільки замість магнію до його складу входить залізо. Тому хлорофіл підсилює кровотворення і має бактеріостатичну дію. Джерелом хлорофілу є зелені овочі і фрукти, особливо овочева зелень. При зберіганні хлорофіли можуть руйнуватися під дією ферменту хлорофілази до хлорофілової кислоти, а під дією високих температур, кислот і солей – до феофітину, який надає готовим продуктам буре забарвлення.

**Каротиноїди** – розчиняються тільки у жирах і органічних розчинниках. ***Каротини*** – надають плодам і овочам жовтого забарвлення. Винятком є лікопін, який має червоне забарвлення (томати). Каротин має велику кількість подвійних зв'язків, тому легко окислюється, поглинаючи багато кисню, а приєднуючи водень – відновлюється, внаслідок чого забарвлення слабшає. Найважливіша функція каротиноїдів є участь у окислювально-відновних процесах, фотосинтезу і росту. Каротиноїди приєднують кисень і передають його іншим хімічним сполукам, що свідчить про їх значну роль в обмінних процесах, в тому числі і диханні. В значній кількості каротин міститься у моркві, обліпсисі, перці, шкірці цитрусових, зелених плодах і овочах. При зберіганні сировини кількість каротиноїдів зменшується, за винятком моркви, в складі якої при зберіганні спостерігається біосинтез каротину.

***Ксантофіли*** – надають плодам і овочам помаранчеве забарвлення – абрикоси, персики, морква.

***Флавонові барвники*** – це водорозчинні фенольні глікозиди. До них відносять антоціани, флаволи і флавоноли, які мають бактерицидні властивості. Локалізуються у клітинних оболонках і вакуолях клітини. Основна фізіологічна роль цих речовин – участь у процесах біологічного окислювання. Плоди і овочі, які на них багаті, мають підвищену стійкість до несприятливих умов зберігання.

**Антоціани** – це глікозиди, молекули яких складаються з залишків молекул глюкози, галактози або рамнози і забарвлених агліконів – антоціанідинів. Забарвлення антоціанів може змінюватись від червоного до

синього і фіолетового в залежності від рН середовища – в кислому – червоне забарвлення, в лужному – синє. Антоціани використовуються як натуральні барвники при виробництві кондитерських виробів, кисломолочних продуктів, морозива, деяких ковбас, напоїв, компотів та ін. консервованої продукції.

**Лейкоантоціани** – безбарвні речовини, які за певних умов можуть перейти у антоціани. Наприклад, при зволоженні білої сухої луски окремих сортів часнику з'являється фіолетове забарвлення. Властивості їх аналогічні до антоціанів і містяться вони в тих же продуктах.

**Флавори** – це речовини, які є попередниками антоціанів і мають жовте забарвлення. Мають аналогічну з антоціанами функцію захисту хлорофілу і цитоплазми від руйнування, поглинаючи ультрафіолетові промені.

**Флавоноли** – відрізняються від флавонів наявністю гідроксильної групи. За будовою вони наближаються до антоціанів і зустрічаються разом з ними в плодах і овочах. Найбільше розповсюдження мають їх представники – кверцетин, кемферол, рутин і міріцетин. Кверцетин – найбільш розповсюджений флавонол має сильні бактерицидні властивості. Тому цибуля з золотистим листям зберігається краще, ніж з білим або фіолетовим.

**Природні барвники тваринного походження поділяються на 3 групи:**

- **червоні** – міоглобін, нітрозоміоглобін та ін.;
- **чорні** – меланін;
- **сріблясті**.

**Штучні барвники** – ті, що утворюються в процесі переробки продовольчої сировини. До них відносяться меланоїдини, карамеліни і флорафени, що надають харчовим продуктам забарвлення від золотистого до коричневого і чорного.

**Меланоїдини** – речовини, які утворені при взаємодії цукру з амінокислотами і наступною їх полімеризацією.

**Карамеліни (цукровий колір)** – суміш темнозабарвлених продуктів карамелізації цукру, що утворюються при температурі вище 150 °С. Застосовується для забарвлення напоїв, кондитерських і кулінарних виробів, можуть викликати потемніння цукристих виробів – варення, повидла, джемів, а також консервів. Карамеліни утворюються при обсмажуванні кавових зерен.

**Флабофени** – продукти ферментативного окислення і полімеризації катехінів, що додають темне забарвлення сушеним плодам і овочам, чорному чаєві.

**Синтетичні барвники** – використовуються у вигляді добавок.

#### **Ароматичні речовини**

**Ароматичні, або пахучі речовини**, містяться у харчових продуктах і обумовлюють запах, тобто аромат продуктів. Розрізняють **природні ароматичні речовини**, які характерні для вихідної сировини – запах свіжих плодів, м'яса, риби, **штучні аромати**, що утворюються в процесі виробництва продуктів харчування – аромат свіжого хліба, вина, чаю, і **синтетичні** запашні речовини.

Ароматичні речовини підвищують виділення слини. Шлункового соку, сприяють кращому перетравленню їжі. Крім того, багато природних

ароматичних речовин мають бактерицидну дію – ефірні масла цибулі, часнику, цитрусових та ін. Запах – важливий показник якості продуктів, який утворюється при змішуванні безлічі летючих речовин, кожна з яких може не мати типового запаху або аромату даного продукту. У харчових продуктах знаходиться понад 400 летючих сполучень. До них відносяться ароматичні спирти, альдегіди, кетони, лактони, органічні кислоти, ефіри, азот- і сірковмісні сполуки та ін.

*Основною частиною ароматичних речовин плодів та овочів*, які називають *ефірними оліями*, є терпени та кисневі похідні терпенів – альдегіди, кетони, кислоти, спирти, а також складні ефіри. На запах продукту великий вплив має концентрація окремих компонентів у суміші ароматичних речовин. Для надання аромату. До деяких продуктів додають багаті ефірними оліями прянощі. Різні частини рослин, або вилучені з них ефірні олії, або синтетичні ароматизатори – складні ефіри органічних кислот. Широко застосовується глутамінат натрію, який представляє собою натрієву соль глутамінової кислоти, у кількості 0,05-0,5 %, при виготовленні м'ясних консервів, ковбасних виробів. перших та других страв для посилення смаку.

*Ефірні масла відносяться до біологічно активних речовин. які беруть участь у окислювально-відновних, захисних і ростових процесах.* При зберіганні відбуваються кількісні та якісні зміни вмісту ароматичних речовин.

#### **Вода продовольчої сировини і харчових продуктів**

Вода – найбільш розповсюджений компонент продуктів рослинного і тваринного походження. Вона складає основну масу тіла людини, тварин, рослин і мікроорганізмів. Найбільш високий вміст води мають плоди і овочі, молоко, м'ясо, риба. Значно менше води знаходиться в маргарині, вершковому маслі, крохмалю, зерні, борошні, макаронних виробках, сушених плодах, овочах і грибах. Мінімальна кількість води утримується у сухому молоці, кухонній солі, кулінарних жирах, рослинній олії і цукрі.

У тканинних і рослинних тканинах вода є найбільш рухливим компонентом хімічного складу. Нормальні функції організму тварин і рослин здійснюються тільки при достатній кількості води. Плоди та овочі при втраті 5-7 % води в'януть і втрачають свіжість. Втрата води тваринами у кількості 15-20 % призводить до їх загибелі. Вода необхідна для хімічних і колоїдних процесів, які протікають у тваринних і рослинних тканинах під час переробки. За своїм станом вода поділяється на вільну і зв'язану. Вільна вода служить середовищем для хімічних, фізико-хімічних і мікробіологічних процесів. Вода необхідний компонент для забезпечення життєдіяльності всіх біологічних організмів. Добова потреба у воді у дорослої людини – 2,5-3 літри. Майже на 90 % вона задовольняється за рахунок харчових продуктів – рідких і твердих. А на 10 % – за рахунок внутрішніх джерел води. Що утворюються при окисленні жирів, білків і вуглеводів.

Вміст води в харчових продуктах відіграє важливу роль при формуванні і збереженні їхньої якості. Вода впливає на консистенцію продуктів, на стан поверхні і внутрішньої будови ряду продуктів. Значна кількість процесів, що відбувається при зберіганні, протікають за участю води – випаровування води,



гідролітичні та мікробіологічні процеси. Вода має велике значення для збереження харчових продуктів, особливо співвідношення вільної і зв'язаної води, яке характеризує активність води. **Активність води обумовлюється відношенням тиску водяних парів над продуктом до їхнього тиску над поверхнею чистої води при одній і тій же температурі.** Цей показник означає доступність води для фізичних, хімічних, фізико-хімічних і мікробіологічних процесів. Активність води збільшується зі зростанням вмісту вільної води. Чим нижче активність води в харчових продуктах, тим краще вони зберігаються.

Властивості продуктів залежать не тільки від кількості води, що утримується в них, але і від форми її зв'язку з компонентами продукту. **Вода має три форми зв'язку з харчовим продуктом – фізико-механічна** (волога змочування, волога макро- і мікрокапілярів), **фізико-хімічна** (волога набрякання, адсорбційна) і **хімічна** (іонний і молекулярний зв'язки). Переважають перші два види зв'язку, хімічний зв'язок зустрічається дуже рідко.

**Фізико-механічний зв'язок** обумовлений утриманням вологи, яка знаходиться в проміжках харчового продукту (іммобілізаційна), у мікро- і макрокапілярах і на поверхні продукту (змочування) у невизначених співвідношеннях; волога, яка з матеріалу випаровується або видаляється механічним способом – шляхом віджимання, центрифугування та ін. Основна маса води знаходиться у вільному стані.

**Волога змочування** – волога у вигляді дрібних крапель утримується силами поверхневого натягу на поверхні продукту. Вона досить легко видаляється з продукту, тому що слабо зв'язана з продуктом.

**Макрокапілярна волога** – це волога, що знаходиться в капілярах понад  $10^{-5}$  см, мікрокапілярна волога – це волога, яка знаходиться у капілярах менше ніж  $10^{-5}$  см. Макро- і мікрокапілярна волога являє собою вологу, яку містять мінеральні і органічні речовини продукту. Вона утримується в проміжках структурно-капілярної системи продуктів. При нарізанні м'яса, риби, плодів, овочів може відбуватися часткова втрата структурно-капілярної вологи у вигляді соку, який має велику харчову цінність.

**Капілярна волога** зв'язана з речовинами продукту механічно. Мікрокапілярна волога з продукту видаляється важче, ніж макрокапілярна.

**Фізико-хімічний зв'язок** обумовлений вологою, яка міститься в гідратних оболонках, або за рахунок осмотичного утримання в клітинах. Ця волога видаляється з матеріалу випаровуванням. **Адсорбційна волога** має властивості інші, ніж вільна вода, вона сприяє диспергуванню часток і пластифікації харчових систем. Вона властива структурам коагуляційного типу. **Осмотична волога** викликає набрякання продукту. Вона властива нативним і дисперсним клітинним структурам. Волога набрякання називається осмотичноутриманою, знаходиться у мікропросторах, які утворені мембранами кліток, фібрилярними молекулами білків та ін.

**Адсорбційно зв'язана вода** знаходиться на поверхні поділу колоїдних часточок з навколишнім середовищем. Вона міцно утримується молекулярним силовим полем і входить до складу міцел різних гідрофільних колоїдів, з яких

найбільше значення мають водорозчинні білки. Тому цей вид вологи називають вологою гідратаційною. Вона не розчиняє органічні речовини і мінеральні солі, замерзає при температурі (-71°C). Насіння рослин і спори мікроорганізмів переносять низькі температури, тому що вода в них гідратаційна і не утворює кристалів льоду, які можуть зашкодити клітині тканини.

До зв'язаної води з **хімічною формою зв'язку** відносять **кристалізаційну вологу**, яка входить до складу молекул у певній кількості, наприклад, молочного цукру або глюкози. Її видаляють прокалюванням.

У рослинній і тваринній тканині переважає вільна вода. Тому у м'язах тварин і риб основна частина води зв'язана з гідрофільними білками за рахунок осмотичних і капілярних сил. У плода і овочах вільної води міститься 95 %.

**При переробці і зберіганні, вода може переходити з вільної у зв'язану і навпаки., що призводить до зміни властивостей товарів.** Наприклад, при випіканні хліба, варінні картоплі, виробництві мармеладу, пастили, драглів і желе, відбувається перетворення частини вільної води у адсорбційно зв'язану з колоїдними частинами білків, крохмалю і інших речовин. а також зростає кількість води, яка осмотично утримується. У соках плодів, ягід, овочів міняються форми зв'язку вологи у порівнянні з вихідною сировиною. **Внаслідок процесів ретраградації крохмалю, старіння драглів, при відтаванні замороженого м'яса і картоплі спостерігається перехід частини зв'язаної води у вільну.**

#### **Структурно - механічні властивості харчових продуктів**

Для найбільш повної оцінки якості харчових продуктів необхідно знати не тільки їх хімічний склад, а і фізичні властивості, структурно-механічні і сорбційні властивості. На ці властивості впливають багато факторів – агрегатний стан і будова, форми зв'язку води, температура і тиск, технологія отримання та ін.

Матеріали харчових виробництв мають властивості колоїдних, колоїдно-пористих тіл – тісто, хліб, кондитерські вироби, властивості колоїдних тіл – гідрофільних у вигляді розчинів, драглів і студенів, властивості кристалічних тіл – цукор, сіль.

**За величиною молекулярних сил зчеплення всі тіла поділяються на дві групи:** 1/ тіла, які володіють малою молекулярною концентрацією, тобто

малими молекулярними силами зчеплення (пари, гази); 2/ тіла, які володіють значними силами молекулярного зчеплення (рідини і тверді тіла).

В рідинних і твердих тілах сили молекулярного зчеплення приблизно однакові, і різниця між твердим тілом і рідиною визначається дальнім або ближнім порядком розташування структурних осередків – атомів, іонів, молекул.

### **1. Основні поняття реології**

**Реологія** – наука про деформації і течії різних тіл, дає можливість зрозуміти, що відбуваються при виробництві, транспортуванні і зберіганні продуктів.

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

**Реологічні властивості** характеризують поведінку продуктів в умовах напруженого стану, **основними показниками якого є напруга, величина і швидкість деформації.**

**Напруга** – це величина внутрішньої сили (**P**), яка чисельно дорівнює дії зовнішніх сил (навантаженню), що виявляються при деформації, і віднесена до одиниці площі (**F**) перетину тіла.

$$\theta = \frac{P}{F}$$

Якщо зовнішні сили, прикладені до тіла, будуть на стільки великі, що частки тіла, які переміщуються в процесі деформації тіла втратять взаємний зв'язок, настає **руйнування тіла.**

**Деформація** – це процес, при якому під дією зовнішніх сил змінюється відстань між точками тіла, який може супроводжуватися зміною форми і розміру тіла.

**Деформації поділяють** на зворотні і залишкові. При зворотній деформації тіло після зняття навантаження під дією внутрішніх пружних сил відновлює свою форму. Та **частина зворотної деформації, яка протікає в даному тілі миттєво, називається пружною.** Зворотна деформація, що протікає в більш або менш тривалий відрізок часу, називається **високоеластичною.**

При **залишковій деформації** відбувається зміна форми тіла, яка припиняється після зняття навантаження. **Залишкова незворотна** деформація називається також **пластичною.** В твердих тілах **пластичній деформації** **передують пружна частина деформації.** В кожному тілі можна знайти як пружно-еластичні, так і пластичні властивості.

**Еластичність** – здатність тіла до значної пружної після дії постійного навантаження. При знятті навантаження у тілі, деформованому в межах пружності, спостерігається повне зникнення деформацій, що відбувається не миттєво, а у часі.

**При несталому** процесі швидкість деформації враховує зміну деформацій у часі  $\tau$  ( $s^{-1}$ ), а **при сталому** процесі – зміна деформації в одиницю

часу залишається постійною. Швидкість деформації при розтяганні-стиску позначається  $\varepsilon$  ( $\text{с}^{-1}$ ), при зрушенні –  $\nu$  ( $\text{с}^{-1}$ )

$$V = \frac{d\varepsilon}{d\tau}; \quad V = \frac{d\nu}{d\tau};$$

За агрегатним станом харчові продукти бувають твердими, твердо-рідкими та рідкими.

**Для твердих продуктів** характерна сталість форми, вони володіють властивостями пружності та міцності.

**Твердо-рідкі продукти** характеризуються вираженими як пружними, так і пластичними властивостями.

**Рідини продукти** володіють плинністю – здатністю до незворотних пластичних деформацій під дією власної маси.

**Твердість** – це властивість тіла перешкоджати проникненню в нього іншого (більш твердого) тіла. Для визначення твердості на поверхню продукту діють твердим наконечником, який може мати форму кульки, конуса, піраміди або голки, яка використовується для більш м'яких продуктів – плодів, овочів та ін.

**Пружність** – здатність тіла після деформування цілком відновлювати свою первісну форму. Пружність тіл характеризується модулем пружності першого ( $E_y$ ), або другого ( $G$ ) роду, відповідно, при тиску – розтягненні або зрушенні. **Величина деформації визначається законом Гука**

$$\sigma = \varepsilon \cdot E_y, \quad \theta = \nu \cdot G$$

де:  $E_y$  – модуль пружності при стиску-розтягненні;

$G$  – модуль зрушення;

$\sigma$  – напруга стиску-розтягнення;

$\theta$  – напруга зрушення.

Фізична модель тіла Гука як при розтягненні, так і при стиску являє собою пружину. Використовується цей показник при визначенні пружності м'ясних, рибних виробів, клейковини, борошняних виробів та ін.

**Пластичність** – здатність продукту до незворотних деформацій, тобто – це здатність текти при навантаженні вище критичного, виявляючи залишкові деформації, що розвиваються у часі. В реології при зсувних деформаціях використовують поняття «гранична напруга зсуву», що позначається  $\theta_0$ . Модель цього тіла (Сен-Венанова) у вигляді пари тертя-ковзан-ня. При навантаженні нижче критичного, тіло поводить як пружне. Цей показник характеризує якість тіста, карамельної маси та ін.

**Міцність** – здатність продукту опиратися механічному руйнуванню. Цей показник, зворотний крихкості, визначається при оцінці якості плодів, овочів, цукру-рафінаду та ін. В залежності від характеру зусиль, **реологічні властивості продуктів поділяються на зсувні, компресійні і поверхневі** на межі поділу з іншим матеріалом:

– **зсувні властивості**, що визначають поведження об'єму продукту при впливі на нього зсувних або дотичних напружень.

Зсувні реологічні властивості, такі як максимальна напруга зсуву, в'язкість ефективна і пластична, період релаксації – найбільш повно

відображають внутрішню сутність об'єкту. Тому їх прийнято вважати **основними**. За допомогою них розраховують течію продуктів по трубах, робочих органах машин і апаратів, визначають необхідні зусилля для переміщення продукту;

– **компресійні властивості**, що характеризують поведження об'єму продукту при дії на нього нормальних напруг у замкнутій формі між пластинами або при якому-небудь іншому одноосному розтягненні-стиску зразка продукту. До основних компресійних властивостей відноситься **модуль пружності, рівноважний модуль, період релаксації деформації при постійній нарузі і відносній деформації**. Ці параметри необхідні при розрахунку процесів шприцювання, формування, дозування і течії по трубопроводах пластично - в'язких продуктів. Ці властивості також можна використовувати для оцінки якості пластично – в'язких (фаршу) і пружно еластичних (ковбасних виробів) продуктів;

– **поверхневі властивості**, що характеризують поведження поверхні продукту на межі поділу з іншим, твердим матеріалом при впливі нормальних (адгезія або липкість) і дотичних (зовнішнє тертя) напруг. **Поверхневі властивості (адгезія, коефіцієнт зовнішнього тертя та ін.) характеризують зусилля при взаємодії між поверхнями контакту при нормальному відриві або зсуві**.

**Адгезія ( $p_a$ )** – злипання різнорідних твердих або рідких тіл, що стискаються своїми поверхнями. Це явище поширено в природі й використовується у техніці. **Розрізняють 2 види адгезії: специфічна (власно адгезія) і механічна**. Перша є результатом сил зчеплення між поверхнями матеріалу, друга – виникає при проникненні адгезива в пори матеріалу, що склеюється, і утриманні його внаслідок механічного заклинювання. Формально адгезію (липкість) визначають по рівнянню, як питому силу нормального відриву пластини від продукту:

$$p_a = \frac{P_o}{F_o}$$

де:  $P_o$  – сила відриву, Н;

$F_o$  – геометрична площа пластини, м<sup>2</sup>.

**Відрив може бути трьох видів: адгезійний** – по межі контакту, **когезійний** – по шару продукту, **адгезійно - когезійний** – змішаний. При будь-якому виді відриву питому силу часто називають липкістю або тиском прилипання.

**Липкість** – здатність продукту проявляти більш або менш значні сили взаємодії з іншим продуктом або з поверхнею тари, в якій знаходиться продукт. Липкістю в значній мірі володіють – варена ковбаса, борошняне тісто, овочеві і м'ясні котлетні маси, сир, вершкове масло. При розрізанні вони прилипають до леза ножа, кришаться або ламаються, при розжовуванні липнуть до зубів. Липкість продуктів визначають з метою керування цією властивістю у процесі виробництва і зберігання товарів. Зайва липкість продуктів може порушувати роботу машин, апаратів у зв'язку з можливим прилипанням продуктів до

робочих органів і поверхонь машин. Недостатня липкість може вплинути на технологічні процеси перемішування, штампування, формування виробів.

**Прилипання** обумовлюється зв'язками молекулярного характеру, що виникають між продуктом і твердою поверхнею. Кількість цих зв'язків залежить від площини дійсного молекулярного контакту, що, у свою чергу, визначається в'язкістю продукту, товщиною його шару, тривалістю контактування, тиском притиснення, ступенем жорсткості твердої поверхні та ін.

До основних реологічних властивостей продуктів відносяться пружність, пластичність, в'язкість, щільність. В залежності від умов, у одного і того ж продукту можуть проявлятися різні властивості. Наприклад, макаронне тісто при миттєвому впливі навантаження веде себе як пружне тіло, при інших умовах навантаження більше проявляється в'язкі і пластичні властивості.

**В'язкість** – властивість рідини надавати опір переміщенню однієї її частини відносно другої під впливом дії зовнішньої сили. Вона реалізується в істинно-в'язких (ньютонівських) рідинах при будь-яких як завгодно малих напругах зсуву ( $\theta$ ) і описується рівнянням Ньютона:

$$\theta = \frac{P}{F} = \eta \cdot \varepsilon \quad \text{або} \quad P = \pm \eta \frac{du}{dr} F;$$

де:  $\eta$  – коефіцієнт динамічної, або абсолютної, в'язкості, Па·с, характеризує величину зусиль, що виникають між двома елементарними шарами рідини при їхньому відносному зусиллі;

$P$  – сила опору між двома елементарними шарами, Н;

$F$  – площа поверхні опору шарів, м<sup>2</sup>;

$\frac{du}{dr} = \varepsilon$  – градієнт швидкості, тобто інтенсивність зміни швидкості по

нормалі до її вектора, с<sup>-1</sup>.

При підвищенні температури в'язкість зменшується. Визначають в'язкість рідких продуктів, рослинних олій, напоїв, соків, меду. **Зворотна величина в'язкості – плинність** – виражається в одиницях Па<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>.

В'язкість залежить від температури, тиску, вологості або жирності, концентрації, ступеню дисперсності.

**Щільність** – маса речовини, що міститься в одиниці об'єму:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

де  $\rho$  – щільність продукту, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – маса продукту, кг;

$V$  – об'єм продукту, м<sup>3</sup>.

Величина щільності продукту обумовлюється концентрацією в ньому сухих речовин. Наприклад, щільність несолоної яловичини 1-го сорту складає 1048 кг/м<sup>3</sup>, а яловичини солоної без води – 1054 кг/м<sup>3</sup>. Підвищення щільності яловичини солоної пояснюється ущільненням тканини при засолі в результаті виділення частини клітинного соку. Щільність жирів обчислюють при

визначених температурах: рослинних олій – при 10, 15 і 20 °С, тваринних жирів – при 50 і 100 °С.

Для деяких харчових продуктів визначають **відносну щільність** – це відношення щільності досліджуваного продукту до щільності води при температурі 4 °С і нормальному атмосферному тиску або відношення маси продукту до маси води, взятих в однакових об'ємах при одній і тій же температурі (при 20 або 15 °С).

Щільність характеризує якість харчових продуктів. За її величиною можна судити про кількість спирту в горілці, сахарози в розчині цукру, солі в розсолі; можна встановити склад продукту, його будову, уникаючи складних аналізів. Наприклад, чим вище щільність картоплі, тим більше утримується в ній крохмалю; яблука з більш високою щільністю містять у тканинах менше повітря; чим вище щільність зрілих томатів, тим більше вихід томатного пюре.

Для ряду харчових продуктів (зерна, крупи, овочів, плодів та ін.) важливим показником є **насіпна (об'ємна) щільність**, яка є масою продукту в одиниці об'єму при вільному насипу (з пустотами). Наприклад, насіпна щільність картоплі 640, капусти – 430 кг/м<sup>3</sup>. Показник насіпної щільності продуктів використовується для розрахунку швидкості повітря при примусовому вентиляванні насипу овочів, зерна, а також для визначення необхідної кількості тари, ємності овоче- і зерносховищ для розміщення на зберігання визначеної маси продукції, потрібної кількості транспортних засобів.

**Шпаруватість** – показник, зворотний насіпній щільності. Він вказує на щільність при завантаженні навалом плодів, овочів, картоплі та ін. Наприклад, шпаруватість картоплі, цибулі, буряку, баклажанів, моркви – 0,45, між бульбові проміжки складають 40 % до об'єму насипу картоплі. При більшій шпаруватості легше забезпечити вентиляцію овочів.

**Питомий об'єм (м<sup>3</sup>/кг)** – об'єм 1 кг продукту в кубічних метрах – показник, зворотній щільності, служить для визначення якості продуктів. Наприклад, величина питомого об'єму хліба характеризує його пористість та ін.

**Релаксація** – властивість матеріалу, що характеризує швидкість (час) переходу пружних деформацій в пластичні при постійному навантаженні. Вона є результатом універсального теплового руху молекул тіла. Визначеною величиною релаксації характеризуються тільки продукти твердо-рідкої структури (м'язова тканина, м'ясний фарш, сир та ін.). Ця властивість продуктів має велике значення при транспортуванні плодів, овочів, хлібних і кондитерських виробів та ін. продуктів.

Кожне тіло має свій **період релаксації**, що визначається як відношення в'язкості тіла до його модуля пружності на зрушення:

$$\theta = \frac{\eta}{E}$$

де  $\theta$  – час релаксації;

$\eta$  – в'язкість;

$E$  – модуль пружності.

Стан тіла, що піддається впливу якої-небудь сили, визначається співвідношенням часу дії напруги, викликаної цією силою, до періоду релаксації. Якщо час впливу деформуючої сили значно менше періоду релаксації, то за цей час не встигає розвинутися залишкова деформація і тіло поводить себе як тверде пружне. Чим більше період релаксації тіла, тим в більшій мірі виявляються його пружні і високо еластичні властивості. Для твердих тіл період релаксації досить значний. Для звичайних легко текучих рідин період релаксації дуже малий. Наприклад, для води, він дорівнює  $10^{-13}$  с. Релаксаційні властивості відіграють важливу роль при механічній обробці продуктів щодо впливу на утворення форми, розвиток необхідного об'єму і структури продукту.

**Повзучість** – властивість матеріалу безперервно деформуватися під дією постійного навантаження. Це явище спостерігається у металах при високих температурах, у матеріалах органічного походження при нормальних температурах. У харчових матеріалах повзучість проявляється дуже швидко, з чим приходиться рахуватися при їх обробці.

**Тиксотропія** – здатність деяких дисперсних систем відновлювати структуру зруйновану механічним впливом. Вона властива дисперсним системам і виявлена в багатьох напівфабрикатах і продуктах харчової промисловості.

Таким чином, структурно-механічні властивості потрібні для визначення і контролю з точки зору якості продукту структурно-механічних характеристик, **розробки технологій, які забезпечують отримання дисперсних систем із задалегідь заданими властивостями**; розробки науково обґрунтованих методів розрахунку машин і апаратів з урахуванням особливостей продукту, який обробляється; **створення автоматизованих систем контролю і управління технологічними процесами**.

У ковбасному виробництві, яке займає провідне місце в виробництві м'ясопродуктів, за допомогою структурно-механічних властивостей і приладів можна контролювати технологічні параметри сировини і фаршу, якість продукції на будь-якій стадії технологічного процесу фаршовиготовлення (від дозрівання м'яса до набивки фаршу в оболонку або форму), а також консистенцію готових виробів.

**Основна мета вивчення структурно-механічних властивостей продуктів харчування** – розробка методів регулювання в напрямку найбільш раціонального використання у виробництві. В залежності від результатів вимірів можна пред'являти визначені вимоги до технологічних властивостей сировини, методів її переробки та зберігання, якості готових продуктів.

## **2. Моделі ідеальних тіл**

Відомо три проміжні моделі ідеалізованих матеріалів – ідеально пружне тіло (за Гуком), ідеально пластичне тіло (за Сен-Венаном), ідеально в'язка рідина (за Ньютоном).

**Ідеально пружне тіло** є системою, в якій енергія, яка витрачена на деформацію, накопичується в тілі і може бути повернена при розвантаженні.



**Ідеально пластичне тіло** може бути представлене у вигляді елемента, який лежить на площині з постійним за величиною тертям, що не залежить від нормальної сили. Тіло за Сен-Венаном не почне рухатися до тих пір, доки напруга зрушення не перевищить критичного значення, тобто граничної напруги, після чого елемент може рухатися з будь-якою швидкістю.

**Ідеально в'язка рідина** характеризується тим, що в ній напруги пропорційні швидкості деформації

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

де  $\eta$  – коефіцієнт в'язкості;

$\dot{\gamma}$  – швидкість зсуву.

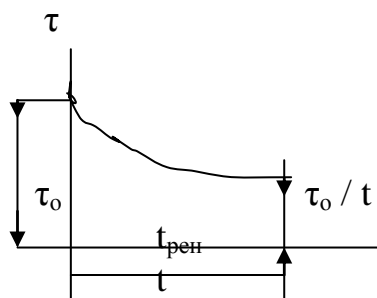
В'язка течія відбувається під дією будь-яких сил, які б малі вони не були, однак швидкість деформації при зменшенні сил знижується, а при їх зникненні обертається в нуль. **Моделі складаються з двох елементів** – пружини (тіло Гука) і поршня (тіло за Ньютоном). Вони можуть бути скомбіновані паралельно або послідовно.

Модель **пружно-пластичного тіла** виходить при послідовному з'єднанні пружного і пластичного елементів (за Гуком).

при  $\tau < \tau_0$  пружний стан  $\tau = G\gamma$   
при  $\tau = \tau_0$  пластична течія



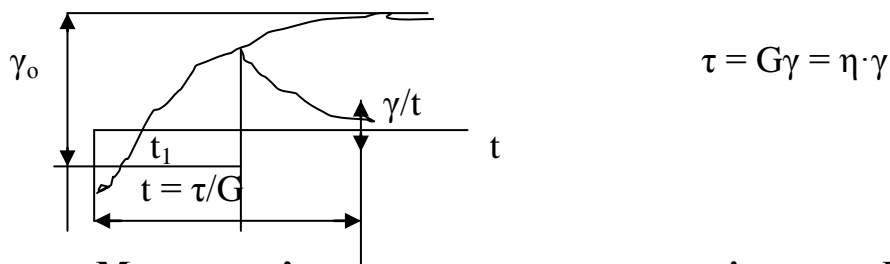
**Модель пружно - в'язкого релаксуючого тіла** за Максвеллом – це послідовно з'єднані гукивський і ньютонівський елементи. По Максвеллу тіло поводить як пружне або як в'язке в залежності від відношення часу релаксації до тривалості експерименту. Якщо під дією миттєвого зусилля пружина розтягується, а потім навантаження відразу знімається, то поршень не встигає рухатися, і система поводить як пружне тіло. Однак, з іншого боку, якщо підтримувати розтягнення пружини постійно, вона поступово релаксує, переміщаючи поршень нагору, і система веде себе майже як ньютонівська рідина.



$$\gamma = \frac{\tau}{G} + \frac{\tau}{\eta}$$

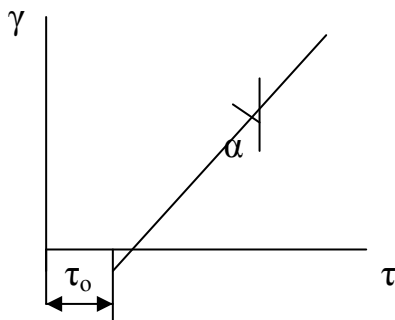
**Модель в'язкого-пружного тіла за Кельвіним** – паралельне з'єднання пружного і в'язкого елементів. При розтяганні пружини дія зусилля подовжується, а поршень рухається в рідині. Рух поршня піддається в'язкому опору рідини, тому повне розтягнення пружини настає не відразу, а коли навантаження усунуто і пружина стискається до первісної довжини.

$\gamma$



$$\tau = G\gamma = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

**Модель в'язко – пластичного тіла** за Шведовим - Бінгамом характеризує матеріали, що у першому наближенні можна розглядати як тіла Сен-Венана. Вони починають текти, коли напруга зрушення досягає максимальної напруги. Якщо немає в'язкого опору, то швидкість течії матеріалу стане великою. У другому наближенні такі матеріали повинні мати ще і в'язкість.



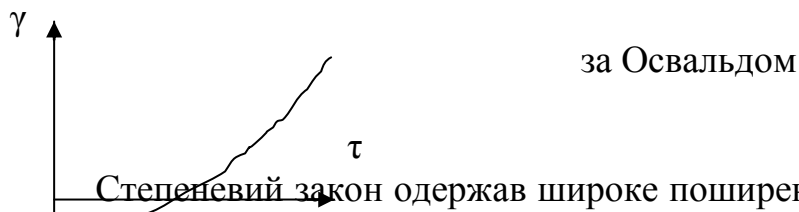
$$\tau = \tau_0 = \eta_{\text{пл}} \cdot \dot{\gamma}$$

Модель тіла за Шведовим відрізняється від моделі за Бінгамом тим, що паралельно тілу за Сен-Венаном приєднане тіло за Максвеллом, а паралельно по Бінгаму – тіло за Ньютоном.

В технології харчових виробництв багато матеріалів, які не підкоряються законові Ньютона. В'язкість їх при заданих температурі і тиску не залишається незмінною, а залежить від швидкості деформації і інших факторів, тому залежність напруги від швидкості зрушення має нелінійний характер. Ці матеріали одержали назву не ньютонівських речовин. Речовина в залежності від концентрації може проявляти різні види плинину.

**Рівняння Освальда (степеневий закон)** описує криву  $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$  при  $n < 1$  де  $k$  – залежність від природи матеріалу і геометричних розмірів вимірювальної апаратури;

$n$  – константа, яка є індексом течії.



Степеневий закон одержав широке поширення для опису в'язкості різних неньютонівських харчових матеріалів – томатних паст, цукрових сиропів, абрикосового пюре, крохмальних суспензій, майонезу та ін.

**Ідеально пластична течія** – починається після досягнення граничної напруги, коли спостерігається пропорційність між швидкістю і напругою зрушення. Для характеристики цього виду плинину **Бігам запропонував рівняння**

$$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}} \cdot \dot{\gamma}$$

де  $\tau_0$  – гранична напруга, Па;

$\eta_{\text{пл}}$  – пластична в'язкість, Па·с.

Прикладом до систем, що близькі до рівняння Бінгама, можуть служити маргарин, шоколадні суміші, сиркові і цукеркові маси.

**Пластична течія, при якій не спостерігається пропорційної залежності між швидкістю зрушення і напругою, називається неідеально пластичною.**

**Ділатантна течія** – коли при збільшенні швидкості зрушення зростає в'язкість, **описується рівнянням Банклі-Гершеля**  $\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n$  при  $n < 1$ . При дуже великих напругах в'язкість може стати нескінченно великою, що призведе до руйнування речовини. Прикладом таких матеріалів можуть служити згущене молоко, деякі розчини цукру, крохмалю та ін.

**Матеріал вважається тиксотропним**, коли його структура після визначеного часу спокою повертається до первісного стану. Термін тиксотропного руйнування для різних структур змінюється в дуже широких межах.

**Матеріали, стан течії яких у часі є протилежним тому, яке дають тиксотропні системи, називають антитиксотропними.**

Речовини, структура яких у часі змінюється, володіють властивостями **реопексії**.

**Істино пластичні тіла** характеризуються наявністю істинної межі текучості, що співпадає з межею пружності, тобто такою максимальною напругою зрушення, нижче якої експериментально ніякі течії не виявляються.

**Найбільш важливим реологічним показником властивостей матеріалу є залежність швидкості деформації від напруги.** Для більшості харчових мас ця залежність має складний характер. У цих випадках реологічні властивості характеризуються кривою залежності швидкості деформації від напруги, яка називається кривою течії, або реограмою.

Випробовування в'язкопластичних і псевдопластичних харчових мас показали, що з підвищенням тиску всі реологічні характеристики збільшуються. Тому при розрахунках того чи іншого процесу і проектування обладнання – подрібнення, перемішування, формування, пресування, транспортування неньютонівських матеріалів по трубопроводах, нарізанні та ін. необхідно прагнути до того, щоб обробка харчових матеріалів відбувалася при оптимальному тиску.

### **3. Теплофізичні властивості**

**Теплофізичні властивості** змінюють характер і швидкість протікання процесу нагрівання або охолодження продукту. До них відноситься **питома теплоємність, коефіцієнти теплопровідності і температуропровідності.**

**Теплоємність характеризує** інтенсивність змін температури або охолодження. **Питоною теплоємністю** називається кількість тепла необхідного для нагрівання одиниці маси речовини на 1 °С. Питома теплоємність визначається за формулою

$$C = \frac{Q}{M \cdot \Delta t}$$

де  $C$  – питома теплоємність, Дж/(кг·К);

$Q$  – кількість теплової енергії, Дж;

$M$  – маса тіла, кг;

$\Delta t$  – перепад температур, °С.

На питому теплоємність значно впливають вологість, хімічний склад, структура продукту, характер зв'язку води в ньому та ін.. фактори.

Залежність між теплоємністю матеріалу і його вологістю має лінійний характер. З підвищенням температури теплоємність харчових продуктів збільшується.

Чим більше в продукті води, тим вища його питома теплоємність. Наприклад, теплоємність огірків, які містять 97 % води, близька до теплоємності води. Теплоємність використовують у розрахунках сушильних установок.

**Теплопровідність** – перенесення енергії від більш нагрітих ділянок продукту до менш нагрітих в результаті теплового руху і взаємодії мікрочасточок. Теплопровідність приводить до вирівнювання температури продукту. Кількість теплоти, що переноситься при цьому способом, описується законом теплопровідності Фур'є: кількість теплоти  $\Delta Q$ , що передається за допомогою теплопровідності через елемент поверхні  $\Delta F$ , перпендикулярний до теплового потоку, за час  $\Delta \tau$ , прямо пропорційна температурному градієнту  $\frac{dt}{dn}$ , площі поверхні  $\Delta F$  і часу  $\Delta \tau$

$$dQ = - \lambda \frac{dt}{dn} dF \cdot d\tau$$

Знак мінус у рівнянні показує, що теплота переноситься в сторону зменшення температури. Коефіцієнт  $\lambda$  в рівнянні Фур'є називається коефіцієнтом теплопровідності [Вт/(м·К)]

$$\lambda = \frac{dQ}{\frac{dt}{dn} dF d\tau} = \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К} \cdot \text{с}}$$

**Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$**  – це кількість теплової енергії, що проходить через масу продукту товщиною в 1 м на площі 1 м<sup>2</sup> за 1 годину при різниці температур у протилежних частинах в 1 °С.

**Теплопровідність залежить від температури і вмісту вологи в продукті.** При підвищенні температури, цей показник зростає. Теплопровідність багатьох харчових продуктів з високим вмістом вологи (м'яса, риби, плодів, соків та ін.) близька до теплопровідності води. Меншу теплопровідність мають рослинні олії і сипучі продукти.

**Перенесення тепла** у вологих матеріалах суттєво відрізняються від передачі тепла у сухих матеріалах, тому що **волога впливає на теплопровідність** матеріалу, у порах якого вона знаходиться, а також **тісно пов'язано з безпосереднім перенесенням вологи усередині матеріалу.**

**Температуропровідність** характеризує швидкість зміни температури продукту.

**Коефіцієнт температуропровідності** дорівнює кількості теплової енергії, що проходить в одиницю часу через одиницю поверхні при одиничному

градієнті внутрішньої енергії. Він характеризує швидкість вирівнювання температури в різних точках температурного поля і залежить від теплоємності, теплопровідності і щільності продукту. Він визначається дослідним шляхом, або за формулою

$$\alpha = \frac{\lambda}{C \cdot \rho}$$

де:  $\alpha$  – коефіцієнт температуропровідності, м<sup>2</sup>/с;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);  
 $C$  – питома теплоємність, Дж/(кг·К);  
 $\rho$  – щільність продукту, кг/м<sup>3</sup>.

**Коефіцієнт температуропровідності  $\alpha$  визначає теплоінерційні властивості матеріалу і не залежить від вологості продукту, але на теплоємність вологість впливає дуже значно.**

Теплопровідність і температуропровідність харчових продуктів значною мірою залежать від ступеня їх пористості, тобто від кількості внутрішньотканинних газів, знижують коефіцієнти тепло- і температуропровідності.

Знання теплофізичних характеристик необхідні для розрахунку кількості теплової енергії для охолодження або заморожування харчових продуктів при перевезенні, зберіганні, переробці, для розрахунку зміни температури усередині сировини, тривалості термічної обробки, тобто нагрівання або охолодження.

**Сорбційні властивості** характеризують здатність харчових продуктів поглинати з навколишнього середовища пари води і летючі речовини.

Розрізняють **4 види сорбції**:

- **адсорбцію** – поглинання речовин поверхнею продукту;
- **абсорбцію** – поглинання речовин всією масою продукту;
- **хемосорбцію** – хімічна взаємодія між речовиною і продуктом;
- **капілярну конденсацію** – утворення рідкої фази в мікро- і макрокапілярах твердих продуктів.
- **десорбція** – процес зворотній сорбції, визначає перехід речовин із поверхневого шару в навколишнє середовище.

Сорбція і десорбція пари і газів призводять до змін якості продукту, який може **усохнути** при нестачі вологи у навколишньому середовищі, набути неприємного запаху або втратити аромат при порушенні умов зберігання.

У харчових виробництвах **процеси абсорбції та адсорбції** спостерігаються при виробництві спирту, насиченні мінеральної води та інших безалкогольних напоїв двоокисом вуглецю, при очищенні водно-спиртової суміші в лікєро-горілчаному виробництві, при очищенні та стабілізації вин, соків та ін. напоїв.

**Гігроскопічність** – властивість продуктів поглинати вологу з навколишнього середовища і утримувати її капілярами і всією поверхнею, а здатність до не поглинання вологи – **гідрофобність**.

Гігроскопічність харчових продуктів залежить від їх структури і складу, а також від температури і вологості навколишнього середовища. Наприклад, високу гігроскопічність мають порошкоподібні харчові продукти, чай, сушені

фрукти і овочі, цукор, сіль. 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.

$$W = \frac{m_{\text{абс}}}{m_{\text{макс}}} \cdot 100 \%$$

де  $W$  – відносна вологість, %;

$m_{\text{абс}}$  – абсолютна кількість вологи в повітрі, г/м<sup>3</sup>;

$m_{\text{макс}}$  – максимальна кількість вологи в повітрі при тих же температурі і тиску, г/м<sup>3</sup>.

### **Колоїдно-хімічні властивості високомолекулярних сполук (ВМС)**

#### **1. Класифікація та характеристика видів високомолекулярних сполук**

Дисперсні системи є гетерогенними і складаються з двох фаз. Одна з них є суцільною і називається **дисперсійним середовищем (ВМС)**, інша роздроблена і розподілена в першій фазі і називається **дисперсною фазою**.

Дисперсними системами є більшість продуктів харчування, сировина і напівфабрикати – сири, сухе молоко, соки, шампанське, цукерки, хліб, шоколад та ін. Частки речовин дисперсної фази можуть мати різні розміри і форму – сферичну, циліндричну, прямокутну або неправильну.

Дисперсійні системи класифікують за ступенем дисперсності: грубодисперсні, мікро гетерогенні, колоїдні.

**Грубодисперсні системи** – це системи з частками, розмір яких перевищує 10<sup>-3</sup> см. Їх можна бачити візуально, коли вони в рідині осідають або підіймаються. **Мікрогетерогенні системи** мають розмір часточок у межах від 10<sup>-5</sup> до 10<sup>-3</sup> см, тобто від 0,1 до 10 мкм. Часточки такого розміру можна бачити тільки під мікроскопом. **Гетерогенні системи** мають розмір часточок від 10<sup>-7</sup> до 10<sup>-5</sup> см, тобто від 1 до 100 нм, і їх відносять до **ультрамікрогетерогенних**. Такі системи називають **колоїдними**. Часточки в колоїдних системах настільки малі, що речовина, з якої вони складається, майже цілком знаходиться у колоїдному стані, тобто практично містить тільки поверхневі атоми і молекули. Такі часточки у порівнянні з молекулою мають визначений агрегатний стан, якого не має молекула.

Речовини, що мають молекулярну масу від 10000 до декількох мільйонів, називають **високомолекулярними сполуками**. Розміри макромолекул цих сполук у вилученому стані, у порівнянні з розмірами часток ультрамікрогетерогенних (колоїдних) дисперсних систем, можуть досягати 1000 нм і більше.

**За агрегатним станом** дисперсної фази і дисперсійного середовища, дисперсні системи класифікують, в залежності від трьох агрегатних станів, на тверді, рідкі і газоподібні.

**Колоїдний стан** характеризується визначеними розмірами часточок (10<sup>-7</sup> – 10<sup>-5</sup> см), гетерогенністю і багатокомпонентністю.

Дисперсні системи з часточками колоїдів таких розмірів прийнято називати **золями**, якщо в газовому дисперсійному середовищі – **аерозолями**, якщо у рідкому дисперсійному середовищі – **ліозолями**.

За розміром часточок золі займають проміжне місце між природними розчинами і грубодисперсними системами – порошками, суспензіями і емульсіями. **Колоїдні системи утворюються** двома шляхами: **диспергуванням**, тобто подрібненням великих часточок грубодисперсних систем до колоїдної дисперсності, і **конденсацією** – з'єднанням атомів, іонів або молекул у більш великі частки колоїдних розмірів. **Диспергування використовують** у консервній промисловості при гомогенізації плодово-ягідних пюре, при подрібненні зерна до борошна, какао-бобів – какао терте і какао-порошок, цукрі – у цукрову пудру та ін. **Конденсація виникає** в ректифікаційних апаратах при одержанні спирту, кристалізації цукру, випарюванні розчинів, оклеюванні вин та ін.

**До мікрогетерогенних систем** з розмірами часточок  $10^{-5}$  –  $10^{-3}$  см відносять суспензії, емульсії, піни, аерозолі і порошки.

**Суспензії** – це дисперсні системи з твердою дисперсною фазою і рідким дисперсійним середовищем. До них відносяться фруктові і овочеві пасти, помадні конфетки, какао терте та ін. Суспензії утворюються в процесі виробництва крохмалю, пива, вина та ін.

**Емульсії** – це системи, що складаються з двох рідких фаз, одна з яких диспергована в іншій у вигляді крапель. Звичайно емульсії отримують методом механічного диспергування. Для цього використовують різні мішалки, гомогенізатори, колоїдні млини, ультразвук. Для отримання стійкої емульсії необхідно щоб рідини, які утворюють емульсію, були нерозчинні. Розмір часточок дисперсної фази емульсії коливається в межах від  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$  м. Характерною рисою емульсії є те, що в залежності від умов і спрямованості отримання емульсії, дисперсійна фаза може перетворюватися в дисперсну. Наприклад, отримання вершкового масла з вершків.

**Аерозолі і порошки** – це дисперсні системи, дисперсійним середовищем яких є газ (повітря), а дисперсною фазою можуть бути тверді часточки або крапельки рідини. Аерозолі за агрегатним станом поділяються на два види. Якщо **аерозоль з рідкою дисперсною фазою**, то її називають **туманом**, якщо з **твердою** – **димом і пилом**. Пил має розміри часточок у межах від  $10^{-5}$  до  $10^{-2}$  см. До типових аерозолів відносяться водяний туман, топковий дим, борошняний і цукровий пил.

## **2. Характеристика властивостей ВМС та їх зміни при технологічній обробці**

Внаслідок великої молекулярної маси і гнучкості ланцюгів, макромолекули високомолекулярних сполук (ВМС) і їх розчини володіють специфічними властивостями – здатністю утворювати волокна і плівки, еластичністю, набряканням, структуроутворенням. До найважливіших природних полімерів відносяться білки і полісахариди.

**Набрякання** – це процес поглинання низькомолекулярного розчинника високомолекулярною речовиною, який супроводжується збільшенням маси і об'єму.

Існує обмежене і необмежене набування. **При обмеженому набряканні** об'єм і маса полімеру досягають визначених значень і подальший контакт полімеру з розчинником не призводить до подальших змін. Обмежено набряклий полімер називають **студенем**. При **необмеженому набряканні** відсутня межа набрякання. З плином часу полімер поглинає все більшу кількість рідини і набрякання **переходить в розчинення**.

Прикладом процесу набрякання є процес замісу і утворення тіста з пшеничного борошна. Борошно, що складається головним чином із сухих протеїнових гелів і крохмальних зерен, при взаємодії з водою проявляє колоїдні властивості. Білки здатні набухати у холодній воді і утримувати води у 2-2,5 рази більше своєї маси. При замішуванні тіста із пшеничного борошна, білки муки легко і швидко утворюють надзвичайно тонкі нитки і плівки, які зв'язують і склеюють між собою зерна зволоженого крохмалю. Завдяки цьому пшеничне тісто набуває пружно-в'язко-пластичних властивостей, якими не володіє тісто із інших злаків.

Тісто для мучних кондитерських виробів, крім муки і води, містить додатково цукор і жир, які впливають на набрякання колоїдів муки. При збільшенні кількості цукру, набрякання білків борошна зменшується, що пов'язано з значним зв'язування води цукром. Жир, адсорбуючись на поверхні білків, утворює плівки, які перешкоджають проникненню води до макромолекул білків, що призводить до зменшення пружності і збільшення пластичності тіста.

Колоїдні системи, частки яких знаходяться одна від одної на досить великій відстані і практично не взаємодіють між собою, називаються **вільнодисперсними системами**. Такі колоїдні системи схожі на звичайні рідини і їх в'язкість мало відрізняється від в'язкості дисперсійного середовища. Дисперсні системи, в яких часточки зв'язані між собою і не здатні до взаємного перемішування, називаються **зв'язнодисперсними системами**. У таких системах частки дисперсної фази утворюють просторову сітку або структурну.

Перехід колоїдного розчину з вільно дисперсного стану у зв'язано дисперсний називається **гелеутворенням**, а утворена при цьому структурована колоїдна система – **гелем**. Якщо колоїдні частки цілком втратять агрегативну стійкість, то вони будуть з'єднуватися у великі агрегати, утворюючи щільний осад – **коагулят**.

**При механічному впливі**, наприклад, при перемішуванні або струшуванні зв'язки між частками в коагуляційній сітці можуть бути зруйновані і гель перетворюється у текучий **золь**. Якщо знову утвориться не текучий гель, то ця властивість структурованих систем називається **тиксотропією**.

Гелі з часом зменшуються в об'ємі, виділяючи при цьому дисперсійне середовище. Це явище називається **синерезисом**. Число водневих зв'язків між



частками протягом часу збільшується, що призводить до ущільнення структури і виділення дисперсійного середовища. У більшості випадків синерезис є небажаним явищем. Наприклад, в таких продуктах як кетчуп, куди додається крохмаль як згущувач.

**Піна** – це двофазна система, яка складається з газу і рідини. У даному випадку дисперсною фазою є газ або повітря, а дисперсійним середовищем – напіврідкий розчин суміші цукру, кислоти і пектину.

Під дією сили поверхневого натягу окремі кульки повітря в піні або жиру в емульсії прагнуть з'єднатися в одну масу і відбувається процес самоплинного руйнування пінки або емульсії. Цей процес називається **коалесценцією**.

Щоб зробити піну або емульсію більш стійкою, додають різні стабілізатори – пектин, крохмаль, агар та ін., які перешкоджають процесу коалесценції.

### **3. Класифікація та характеристика структур дисперсних систем**

Структура продукту характеризується внутрішньою будовою і характером взаємодії між окремими її частками. Вона визначається хімічним складом, біохімічними показниками, дисперсністю, температурою, агрегатним станом і низкою технологічних процесів та параметрів. **Дисперсні системи** можуть знаходитись **у вільному стані – золь**, коли окремі елементи не зв'язані або слабо зв'язані одні з одними, наприклад, молоко, і **у зв'язаному стані – гель**, наприклад, кисляк або кефір, коли часточки зв'язані одні з одними молекулярними силами і утворюють структуру, тобто просторовий каркас. У цих системах властивості залежать від об'ємного співвідношення дисперсної фази і дисперсійного середовища, яким є вода, характеру і міцності зв'язку між ними і від характеру і міцності зв'язку часточок фази між собою. **В залежності від типу і енергії виникаючих зв'язків дисперсні системи поділяють на три типи: коагуляційні, конденсаційні і кристалізаційні**, а також бувають змішані **конденсаційно-кристалізаційні** структури.

**Коагуляційні структури** утворюються в дисперсних системах шляхом взаємодії між часточками і молекулами через прошарки дисперсійного середовища за рахунок сил зчеплення Ван-Дер-Ваальса. Вони мають здатність до самоплинного відновлення після руйнувань, тобто здатністю до тиксотропії і під дією напруг виявляють властивості в'язко-пластичних тіл. До таких систем відноситься сирий ковбасний фарш та ін. При утворенні коагуляційних структур у м'ясних продуктах, істотну роль відіграють поверхнево активні речовини і розчинені у воді білки, що використовують в якості емульгаторів і стабілізаторів м'ясних систем.

**Конденсаційні структури** утворюються з коагуляційних структур внаслідок видалення з них частки рідкої фази, що супроводжується виникненням більш міцних зв'язків між частками. Міцність цих зв'язків поступово збільшується до певної межі, а потім залишається постійною. Після руйнування конденсаційні структури не відновлюються. Наприклад, фарш готових варених і сирокочених ковбас.

**Кристалізаційні структури** утворюються шляхом зрощення часточок або молекул при активній участі хімічної взаємодії з розплатою при

охолодженні і з розчину при підвищенні його концентрації або охолодженні. Вони характеризуються наявністю просторової кристалічної решітки. Міцність якої залежить від форми кристалів.

**Конденсаційно-кристалізаційні** структури **властиві натуральним продуктам**, вони також можуть утворюватися з коагуляційних структур при видаленні дисперсійного середовища або при зрощенні часточок дисперсної фази в розплавах чи розчинах. Ці структури мають велику міцність у порівнянні з міцністю коагуляційних структур, що обумовлено великою міцністю контактів між часточками, велика крихкість і пружність через жорсткість кістяка структури. Наприклад, тваринні і рослинні тканини, а також деякі продукти тваринного і рослинного походження з клітинною будовою за своїми властивостями наближаються до конденсаційно-кристалізаційних структур.

## **Основні методи обробки сировини в харчових технологіях**

### **1. Процеси механічної обробки**

Переробка більшості харчових продуктів починається з їх механічної обробки. До цих методів відноситься сортування, калібрування, миття, інспекція, очищення, розділення, перемішування, подрібнення.

**Сортування** – проводиться з метою видалення сторонніх домішок, дефектної сировини, пошкодженої механічним шляхом або сільськогосподарськими шкідниками. Сировина сортується, якщо є необхідність, по ступені зрілості й кольору. Сортування проводиться в основному на стрічкових іноді на роликкових конвеєрах, які рухаються зі швидкістю не більше 0,1 м/с. Сортування за кольором може відбуватися і за допомогою електронного пристрою – томакопору. Наприклад, розподіл томатів на червоні, бурі і зелені.

**Калібрування** проводиться для поділу сировини за розміром, масі або щільності. Для калібрування сировини використовують калібрувачі різного типу - барабанні, тросові, дискові, шнекові, валкові й ін. Калібрування за розміром дозволяє механізувати операції по очищенню і нарізанню овочів, скоротити кількість відходів. Застосування встановленого в лінію калібрувача, дозволяє механізувати наступні операції.

**Миття** – проводиться для видалення з поверхні сировини механічних домішок, залишків пестицидів, часткового видалення мікроорганізмів за допомогою води, у яку можуть додаватися хімічні препарати. Залежно від типу сировини, застосовують різні типи мийних машин. **При виробництві зеленого горошку**, застосовують флотаційні мийні машини, на яких по щільності віддаляються домішки й некондиційна сировина. **При переробці томатів, баклажанів, кабачків** – застосовують дві послідовно встановлені елеваторні або вентиляторні мийні машини. **При переробці моркви й буряку** – лопатні й барабанні мийні машини. **Зелень** – попередньо замочується у сітках і миється під душем при тиску води 200-300 кПа.

**Інспекція** – проводиться на інспекційних стрічкових конвеєрах. Контролюється якість підготовки сировини до наступних технологічних операцій. Дефектна сировина видаляється. За допомогою встановлених на

інспекційному конвеєрі **тримерів** відрізаються кінці у моркви. Наприкінці конвеєра встановлений **душовий пристрій** для ополіскування сировини перед подальшими технологічними операціями, які залежать від виду виготовляємої продукції.

**Очищення** – видалення плодоніжок, чашолистків, гребенів, шкірочки, кісточки та інших неїстівних частин сировини. Залежно від вироблюваної продукції й виду сировини, застосовуються різні способи очищення. Більшість з цих операцій механізовані.

Коренеплоди й бульбоплоди очищаються від шкірочки за допомогою різних методів:

1/ **механічним** - на карборундових машинах з абразивною поверхнею

2/ **термічним** – на паротермічних очисних машинах, у яких паром створюють тиск 0,3-0,5 мПа, що відповідає температурі 140-180 °С.

3/ **хімічним** - обробкою гарячим лугом (розчином каустичної соди). Для лужного очищення персиків використовують 2-3 % киплячий розчин каустичної соди, в якому плоди витримують 1,5 хв. Шкірочка відокремлюється від м'якоті фруктів і змивається під струмом води. Коренеплоди обробляють 2,5-3,0 % розчином каустичної соди при температурі 80-90 °С протягом 3 хв. Інколи використовують 8-12 % розчин гарячого лугу з обробкою протягом 5-6 хв.

**Зерняткові плоди очищують** від насінневих гнізд з одночасним нарізанням на скибочки на машинах конвеєрного типу із обертаючимся стрижнем і ножами. Кісточкові плоди і ягоди очищаються від плодоніжок і чашолистків на валкових машинах, кісточки видаляються на кісточковибивних машинах. Очищення кабачків від плодоніжки поєднано з одночасним нарізанням на кружки.

**Подрібнення** – це процес руйнування сировини, який залежить від виду сировини і її структурно - механічних властивостей. Подрібнення харчової сировини здійснюється роздавлюванням, ударом, різанням, гомогенізацією.

**Різання** – подрібнювання сировини на частини певної форми й розміру з якісною поверхнею зрізу. Проводиться на спеціальних різальних машинах у вигляді кружків, брусків, кубиків.

**Подрібнення рослинної сировини** – механічне руйнування структури рослинної тканини на частинки невизначеної форми й розміру. Проводиться для інтенсифікації наступних технологічних процесів. При подрібненні плодів із твердою структурою, наприклад яблук, застосовуються ножові дробарки, для плодів з м'якою тканиною - дробарки із ситами. Для більш тонкого подрібнення використовують гомогенізатори.

**Подрібнення твердого харчового продукту** – це процес його деформування до моменту руйнування або розриву. Наприклад, подрібнення цукру, бобів какао, сухого молока, помел пшениці в борошно та ін.

**Подрібнення рідкого харчового продукту** – це процес диспергування. Наприклад, при утворенні емульсії або розпилювання продукту при його сушінні.

*Для тонкого подрібнення сировини* використовують дезінтегратори, де подрібнення досягається за рахунок ударних навантажень; колоїдні млини, де подрібнення відбувається за рахунок сил тертя; гомогенізатори, де подрібнення досягається за рахунок сил гідродинамічного тертя, що виникає при продавлюванні продукту під тиском через вузькі канали. Гомогенізація - це інтенсивна механічна обробка пюреподібної маси в гомогенізаторах під тиском 15-20 МПа, для попередження розшарування продукту в процесі зберігання.

*Для подрібнення сировини тваринного походження*, наприклад, м'яса, використовують шпикорізки для різання шпику на шматочки різних розмірів для ковбасного виробництва без деформації шматочків, вовчки – для подрібнення м'яса і м'ясних продуктів, які забезпечують різний ступень подрібнення, кутери – використовують для тонкого подрібнення м'яса.

**Пресування** – відділення від сировини соку шляхом зовнішнього тиску за допомогою спеціальних пресів. Застосовуються преси періодичної дії - пакетні, корзиночці і безперервної дії – стрічкові і шнекові.

Віджимання рідини за допомогою тиску застосовується в сировиробництві для відділення сироватки від сирного зерна, у консервному виробництві і виноробстві та лікєро-горільчаній промисловості – для віджимання соку із винограду, плодів і ягід, у масловиробництві – для віджимання рослинної олії від насіння, для видалення жиру із шкварок та ін.

Пресуванням надається пластичним тілам визначеної геометричної форми. Наприклад, формування пластичних матеріалів застосовується у кондитерському і макаронному виробництві для надання тісту визначеної форми, при виробництві цукру-рафінаду та ін.

**Бланшування** – короткочасна теплова обробка сировини при певному температурному режимі парою, водою або водяними розчинами солей, органічних кислот, лугів – для: 1/ інактивації ферментів 2/ частковий розм'якшення рослинної тканини 3/ підвищення еластичності тканини 4/ видалення повітря 5/ коагуляції білка. Для цієї мети застосовуються бланшувачі різного типу - ковшові, барабанні, шнекові, стрічкові.

Наприклад, солодкий перець бланшують порою протягом 1-2хв, зелений горошок у барабанному бланшувачі протягом 3-7хв при температурі 75-80 °С для клейстеризації амілопектину й видалення розчинної амілози з крохмалю. Баклажани бланшують для видалення гіркоти, капусту - для видалення сірчаных з'єднань.

**Розварювання** – розм'якшення структури рослинної тканини сировини за допомогою пари або гарячої води. Проводиться при виробництві пюре, соків з м'якоттю, солодкої концентрованої продукції. Застосовуються шнекові й шахтні розварювачі відкритого або закритого типу. Процес розварювання звичайно проводиться протягом 15-20 хв при температурі 100-110 °С.

**Обсмажування** – термічна обробка овочевої сировини в жирі при температурі більше 120 °С для додання специфічного смаку й кольору. Обсмажування проводять при виробництві різних видів закусочних консервів, при виробництві напівфабрикатів для громадського харчування. Обсмажуючи печі є безперервної й періодичної дії з виносною і внутрішньою поверхнею

нагріву. Наприклад, печі Кропивина представляють собою великий лист із гриючою поверхнею, у якій проводять обсмажування при температурі 120-150 °С. Втрати сировини в масі становлять 30-50%.

**Пасерування** – термічна обробка овочевої сировини в жирі (борошна – без жиру) при температурі не вище 120 °С (звичайно 110-120 °С) без істотної зміни кольору. Втрати в масі становлять не більше 30%.

**Протирання** – подрібнювання сировини з відділенням насіння, шкірочки, кісточок й ін. неїстівних частин при пропущенні через сита з діаметром отворів від 5 до 0, 4-0,5 мм на протиральних машинах різного типу. При протиранні подрібненої і розвареної сировини застосовують сита від 1,2 до 0,7 мм, а для більшого подрібнення використовують фінішери з розмірами отворів сит 0,4 - 0,5 мм.

**Змішування** – механічна операція змішування компонентів до однорідної маси відповідно до рецептури. Здійснюють у вакуум-випарних апаратах перед уварюванням або гомогенізацією пюреподібних мас, а також у фаршозмішувачах, при виробництві м'ясних консервів і ковбас.

**Перемішування** – це процес, при якому досягається безладне розподілення двох або більше різнорідних матеріалів з різними властивостями. Перемішування здійснюється різними способами. Перемішування може відбуватися за рахунок обертання або перекидання ємності з рецептурними інгредієнтами або в ємностях з лопатами різної конструкції. Процес може бути періодичним або безперервним. Перемішування рідких розчинних фаз здійснюється шляхом розмішування або збовтування, перемішування твердих часточок у текучих фазах – диспергуванням, а високов'язких систем – замішуванням. Ці процеси застосовуються для розведення цукрових сиропів, розмішування молока і заквасок, розмішування в танках плодкових і овочевих пюре, морозива, вина та ін. Для перемішування рідких сумішей використовують механічні, пневмотичні, потокові, гідродинамічні, ультразвукові, кавітаційні і комбіновані змішувачі. Процес перемішування використовується при виготовленні сухих сумішей для супів у харчоконцентратній промисловості, а також дитячих молочних сумішей.

**Розділення** – процес, який використовується для розділення неоднорідних систем на складові частини. Методи поділу вибирають в залежності від характеру складових частин системи і стану фаз. Розділення рідин здійснюють шляхом гравітаційного або відцентрового поділу, наприклад, розділення води і олії при виробництві рослинних олій, регенерація риб'ячого жиру, відділення вершків від молока; відділення рідини від твердих тіл – центрифугуванням, фільтруванням, пресуванням, наприклад, виробництво крохмалю, олії, цукру, молока, соків, напоїв; розділення твердих матеріалів за розмірами часточок – шляхом сортування і просіювання, наприклад, сортування зерна.

**Осадження** – один з методів поділу за допомогою відцентрових сил, широко використовується в харчовій промисловості, наприклад, у цукровому виробництві – для очищення дифузійного соку, в крохмалепаточному виробництві – для відділення крохмалю від крохмальної суспензії, у молочному

виробництві – для відділення вершків, у м'ясному виробництві – для відділення шквар при витопі жиру, консервному – для отримання соків без м'якоті та ін.

**Фільтрування** – широко використовується у виноробстві, лікеро-горільчаному виробництві, у виробництві соків для видалення осаду, у пивоварінні відокремлюють дробину від суслу і освітлюють пиво.

**Відстоювання** – широко застосовується для очищення і рафінації рідких напівфабрикатів.

## **2. Вплив механічної обробки на склад та властивості продукції**

В залежності від інтенсивності механічної обробки властивості продуктів змінюються.

Отримання високоякісної продукції в значній мірі залежить від однорідності сировини за розмірами, кольором і ступенем стиглості. Від цього залежить вибір технологічного режиму обробки сировини, якість готової продукції. Для полегшення технологічних операцій – різання, теплової обробки, укладення сировини в тару, її калібрують за розмірами, що дає змогу зменшити втрати і відходи виробництва, поліпшити якість продукції.

При подрібненні плодів з м'якою тканиною на дробарках з ситами, які мають отвори малого діаметру, утворюється велика кількість дрібних часточок. Вилучення соку з такої мезги має певні труднощі. Наприклад, при сильному подрібненні винограду важко отримати сік високої якості, тому що у смаку і ароматі соку з'являється присмак окислення у зв'язку подрібнення насіння. Подрібнення винограду повинно біти обмеженим, тому його здійснюють на машинах з гумовими валиками, що дозволяє роздавлювати ягоди не руйнуючи насіння.

При виробництві крохмалю, основним фактором подрібнення є руйнування клітин, що збільшує вилучення крохмалю. При подрібненні тієї ж картоплі в спиртовому виробництві подрібнена картопля піддається розварюванню і оцукрюванню, а занадто подрібнення до часточок менше 3 мм погіршує процес оцукрювання.

В ковбасному виробництві ступінь подрібнення м'яса на кутері залежить від нагрівання сировини під час подрібнення, що може викликати суттєве зниження якості готових виробів.

Процеси перемішування в харчових виробництвах здійснюють з різною метою: для забезпечення однорідності сумішей, досягнення певних змін у структурі речовини, прискорення процесів тепло- і масообміну.

Основною метою процесу поділу сировини є очищення за рахунок відділення баластних тканин сировини – плодоніжок, чашолистиків, шкірочки насіння, які являються відходами, і отримання напівфабрикату для виготовлення певного продукту. Протирання очищеної сировини є продовженням процесу очищення від баластних тканин, які не можуть бути відділені при очищенні. При виготовленні соків з плодоовочевої сировини, відділення внутрішньоклітинної рідини може здійснюватися в пресах, центрифугах, фільтрах.

**Гомогенізація** – один із засобів подрібнення сировини, який якісно поліпшує смакові властивості, наприклад, соків з м'якоттю, шоколаду, молочних продуктів та ін. На смакові властивості впливає також емульгування жиру при виготовлення маргарину, майонезу, морозива.

Від процесу змішування істотно залежить якість готової продукції – добре вимішаний ковбасний фарш із шпиком дозволяє отримати ковбасу з гарним малюнком на розрізі. Це відноситься і до хлібобулочних та кондитерських виробів, коли рівномірний розподіл добавок, таких як родзинки або горіхи, значно покращує зовнішній вигляд виробів. Крім цього, ретельне перемішування забезпечує однакове протікання фізико-хімічних процесів по всьому обсягу продукту і забезпечує швидке і правильне протікання процесу при виготовленні сирів, при внесенні бактеріальних заквасок для виготовлення кисломолочної продукції, при освітленні соків ферментними препаратами та ін.

### **3. Процеси термічної обробки**

#### **Класифікація, характеристика та види термічної обробки**

**Термічна обробка сировини** викликає зміну її структурно-механічних, фізико-хімічних та органолептичних властивостей і здійснюється з метою зміни структури тканини сировини, її об'єму і маси. Клітинної проникності та інактивації ферментів, надання продукту кулінарної готовності або певних органолептичних властивостей. Температура і тривалість термічної обробки є різними в залежності від мети проведення та швидкості змін параметрів процесу. **Розрізняють попередню і основну термічну обробку.**

**Попередня теплова обробка сировини** спрямована на підготовку сировини до основних видів перетворень – протирання, подрібнення, пресування та ін. Попередній тепловій обробці піддають овочі, фрукти, ягоди, м'ясо, рибу, бобові, крупи, макаронні вироби та ін. **Основна теплова обробка** – це пастеризація і стерилізація готової продукції.

#### **Види теплової обробки:**

1/ **поверхнева теплова обробка** – ошпарювання, обпалювання, обсмажування, пасерування;

2/ **нагрівання з метою досягнення певної міри готовності продукту** – бланшування, варіння, запікання, концентрування, смаження, копчення;

3/ **нагрівання з метою попередження мікробіологічного псування продукту** – пастеризація, стерилізація, тиндалізація, сушіння;

4/ **нагрівання з метою виділення з сировини тих або інших складових частин** – виготовлення жиру, виварювання желатину, клею.

В залежності від техніки виконання теплової обробки застосовують способи:

1/ занурення у рідке середовище;

2/ обробка пароповітряною або пароводяною сумішами гострої пари;

3/ електроконтактне нагрівання;

4/ обробка енергією НВЧ;

5/ обробка інфрачервоним випромінюванням;

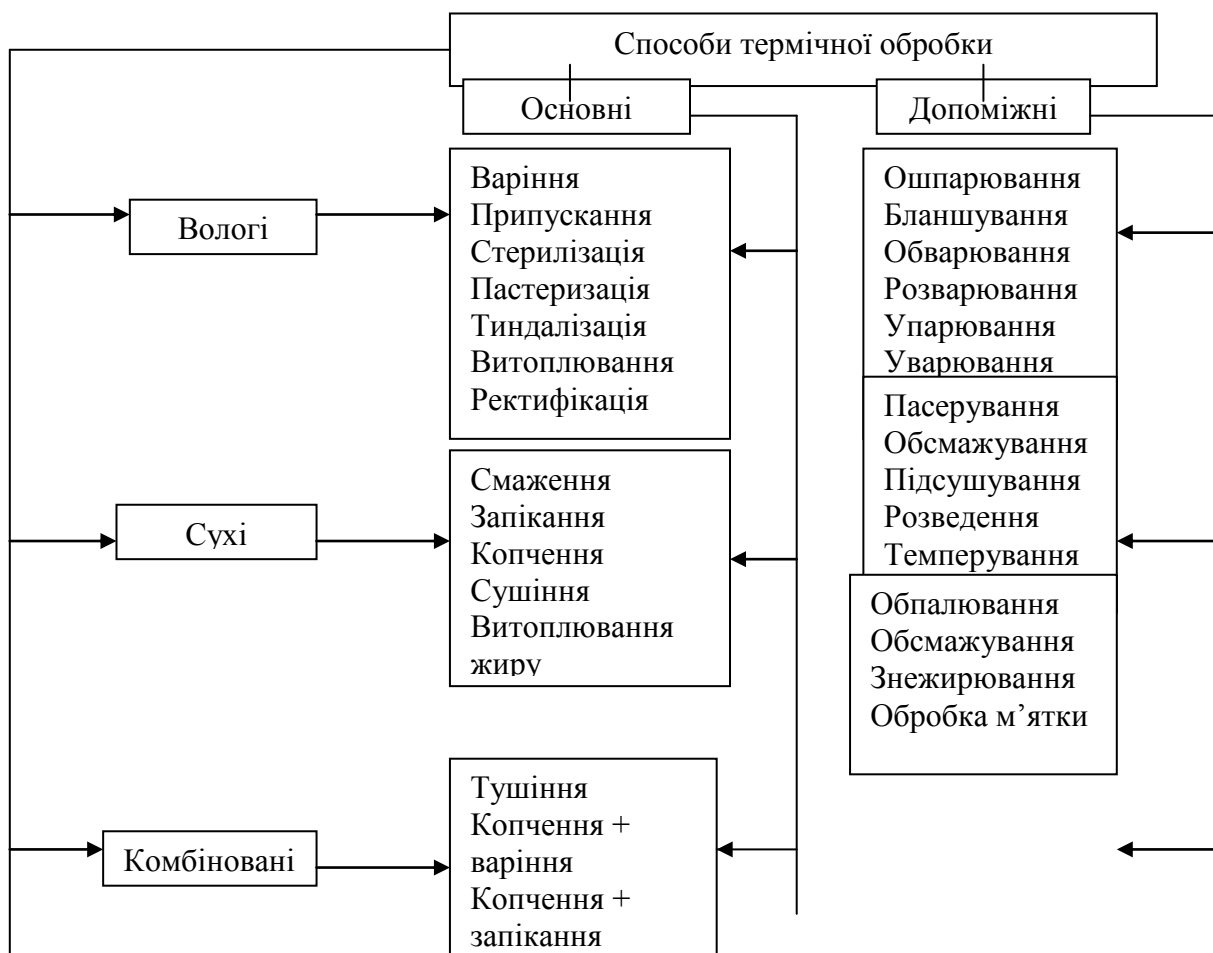
6/ комбінування перелічених способів.

За технологічним призначенням всі способи теплової обробки харчових продуктів можна поділити на основні і допоміжні.

**Під основними способами теплової обробки** розуміють такі, при яких проходять доцільні зміни фізичних, структурних, хімічних та ін. властивостей і стану продукту, в результаті яких він стає придатним в їжу – це варіння ковбасно-кулінарних виробів, стерилізація консервів, випікання хліба, або істотно змінюються властивості сировини і вона переходить з одного якісного стану в інший – витоплювання жиру, гідротермічна деструкція колагену тощо.

**До допоміжних способів** теплової обробки відносяться такі, при яких оброблена сировина не піддається істотним змінам – ошпарювання, обпалювання, підігрівання, підсушування та ін. Ці способи обробки застосовуються перед основними, тому що вони сприяють наданню сировині специфічних властивостей, необхідних для виготовлення відповідного продукту. Основні та допоміжні способи теплової обробки продуктів поділяються в залежності від гріючого середовища на вологі, сухі та комбіновані і мають відповідну класифікацію:

### **Класифікація способів теплової обробки**



## **4. Характеристика основних методів термічної обробки та їх застосування в харчових технологіях**

### **Вологі способи обробки.**

**Варіння** – найбільш поширений спосіб теплової обробки. Його використовують як один з проміжних процесів технологічної обробки сировини



і як завершальний етап виробництва продукції з метою доведення його до стану кулінарної готовності, яка характеризується визначеною консистенцією, запахом, смаком і кольором продукту.

Варіння використовують для нагрівання м'яса і м'ясопродуктів, риби і овочів. **При варінні середовищем нагріву може бути гаряча вода, пароповітряна суміш або металева поверхня тобто варіння у металевих формах за рахунок утворення бульйону.** Найбільш поширена теплова обробка паром через менші втрати маси і можливості отримати продукт більш соковитий, ніж при варці у воді. Температура гріючого середовища перед завантаженням продукту повинна бути близько 100 °С, під час варіння її підтримують на рівні 75 °С, а наприкінці – підвищують до 85 °С. Варіння виробів проводять до досягнення в центрі продукту температури 68-72 °С. Занадто висока температура та тривалість варіння викликає усадку м'яса і шпику, зниження виходу готового продукту та погіршення його органолептичних показників. При низькій температурі або недостатній тривалості процесу кулінарна готовність не досягається, погіршуються органолептичні показники готового продукту і він має меншу стійкість при зберіганні.

**Стерилізація або пастеризація** – теплова обробка консервованих продуктів після закупорювання, для забезпечення їхньої стерильності, інактивації мікрофлори (збудників псування й харчових отруєнь), з метою забезпечення доброякісності й стабільності в процесі зберігання консервованої продукції. Температура стерилізації залежить від активної кислотності середовища, тобто від рН, та специфіки мікрофлори, яка характерна для даного середовища. За величиною активної кислотності всі консерви поділяються на 2 групи – малокислотні (рН 4,2 і більше) і кислотні (рН менше 4,2). Першу групу стерилізують при температурах вище 100 °С (частіше в інтервалі 112-120 °С), другу групу стерилізують при температурі 100 °С, або при помірних температурах, але не нижче 75-80 °С. До першої групи відносяться всі м'ясні, рибні, молочні та овочеві консерви, а до другої всі плодоягідні консерви, варення, джеми, соки. **Значний вплив на термостійкість мікроорганізмів має природа кислоти**, яка міститься у консервах. Найбільш знепліднюючим впливом на мікроорганізми, при одній і тій же величині рН, володіє молочна кислота, потім яблучна, слабше діють на бактерії оцтова і лимонна кислоти.

З інших компонентів хімічного складу консервів найбільший вплив на летальний час справляють **антибіотичні речовини рослинного походження – фітонциди**. Встановлено, що час необхідний для теплової стерилізації консервів зменшується при доданні в них таких багатих фітонцидами овочів чи рослин, як цибуля, часник, томати, перець, морква, білі коренеплоди, ревінь, сухі прянощі і гірчиця. Часто замість рослин додають виготовлені з них концентрати фітонцидів.

**Значний вплив на летальний час справляють жири**, але на відміну від кислот і фітонцидів, вони не знижують, а підвищують термостійкість мікроорганізмів. Захисна дія жирів пояснюється з позиції фізико-хімічних перетворень, які протікають на межі двох різних гетерогенних рідин – білковий

колоїдний розчин, тобто мікробна клітина, і жир взаємодіють між собою і утворюють коагуляційну плівку, яка обволікає мікробну клітину і збільшує її термостійкість. Тому консерви, які містять жири необхідно стерилізувати довше, ніж консерви, які не містять жиру.

**Визначальний вплив на летальний час справляють цукор і цукрові сиропи.** Цукор має захисний вплив на мікроби при нагріванні. Це пояснюється тим, що в цукрових сиропах відбувається осмотичне витягування вологи з мікробних клітин, а саме понижений вміст вологи робить мікробну клітину стійкою до нагрівання.

**Невеликі концентрації солі** в харчових продуктах впливають на мікроорганізми при нагріванні захисним чином, в той час як **підвищений вміст солі** сприяє швидкому знищенню мікроорганізмів.

Схематично формулу стерилізації записують у вигляді

$$\frac{A-B-C}{T^{\circ}C} \cdot P$$

де А – час підйому температури граничного середовища до температури стерилізації, хв;

В – час власне стерилізації, протягом якого в автоклаві підтримується постійна температура, хв;

С – час пониження тиску пари або час охолодження гріючого середовища в автоклаві, хв;

Т – температура стерилізації, °С;

Р – величина протитиску, кПа.

Загальний термін стерилізації, залежить від мікробіологічної складової, тобто смертельного часу для мікроорганізмів, і теплофізичної складової, тобто часу проникнення тепла в центр банки. Вирішальним є час, що визначає мікробіологічну складову, який необхідний для того, щоб знищити мікроорганізми, які знаходяться в глибині продукту. **Цей час називають смертельним або летальним. Летальний час залежить від таких факторів, як температура стерилізації, хімічний склад консервів, вид мікроорганізмів і їх кількість.**

**Стерилізацію продуктів** проводять при температурі від 100 до 120 °С для знищення спорової мікрофлори, у стерилізаторах різного типу – вертикальних і горизонтальних автоклавах, де створюється температура вище 100 °С за рахунок тиску, величина якого перевищує пружність граючої пари. Цей додатковий «надпаровий» тиск створюють за допомогою стисненого повітря або води для врівноваження внутрішнього тиску, який виникає в банках при стерилізації, і може викликати незворотну деформацію жерстяних банок або зірвати кришки із скляних банок. Відмінність даного браку від біологічного полягає тільки в тому, що він виявляється відразу після вивантаження банок з автоклаву.

**Пастеризацію продуктів** проводять при температурі до 100 °С у перебігу часу, достатньому для знищення неспорівих бактерій, дріжджів і плісняви. Пастеризацію проводять у безперервно діючих пастеризаторах, що забезпечує потоковість виробництва. Після стерилізації й пастеризації

консервовані продукти швидко охолоджують до температури сублетальності – 40-45 °С.

**Гаряче фасування** – це пастеризація продуктів з високою кислотністю, фасованих у тару більше 3 дм<sup>3</sup>, за рахунок високої температури продукту при фасуванні та довільного остигання, що забезпечує мікробіологічну стабільність і безпечність харчових продуктів.

**Тиндалізація** або повторна багатократна пастеризація, яка заснована на тому, що консерви піддають тепловій обробці двічі або тричі з інтервалом між варінням 20-28 годин і зберігають при температурі 18-20 °С. Тиндалізація відрізняється від звичайної пастеризації більш м'яким режимом. Обробку проводять при звичайній тривалості але при більш помірній температурі, ніж потрібно для даного виду консервів. Сумарний стерилізуючий ефект теплового режиму гарантує стабільність і безпеку продуктів при зберіганні. При такому чергуванні помірного нагріву і охолодження початкова консистенція сировини змінюється мінімально, тому якість консервів краща, ніж при звичайній пастеризації і стерилізації. Наприклад, якщо компоти у великій консервній тарі тричі пастеризувати при 100 °С всього по 5 хв з інтервалом між карками за добу, то плоди не розварюються і мають щільну та пружну консистенцію.

Деякі делікатесні м'ясні консерви, наприклад, шинкового типу, в металевих банках № 12 піддають подвійній пастеризації або стерилізації при 100 °С протягом 60-70 хв, а не при 115-120 °С, як це потрібно було би робити згідно з класифікацією консервів за активною кислотністю. Після першої варки консерви охолоджують і залишають при кімнатній температурі на 20-28 годин до другої стерилізації. Це дозволяє забезпечити ніжну консистенцію м'ясного продукту.

Мікробіологічна стабільність при багатократній обробці забезпечується тим, що при першій тепловій обробці гине більшість вегетативних клітин бактерій. Частина з них встигає перетворитися в спорову форму. Протягом добової витримки при кімнатній температурі спори проростають і утворені вегетативні клітини гинуть при повторній тепловій обробці.

**Дробна стерилізація** – новий варіант повторної стерилізації запропонований для консервів із гідробіонтів, який відрізняється від класичної стерилізації умовами витримки. Спосіб передбачає стерилізацію при традиційній температурі у дві стадії з проміжною витримкою продукту між обробками протягом 1,5 год при 30 °С і 0,5 год при температурі 50 °С.

В процесі стерилізації необхідно досягти не абсолютної, а так званої «промислової» стерильності, при якій в консервах повинні бути відсутні збудники псування харчових продуктів або патогенні і токсичні форми мікроорганізмів і можуть зустрічатися мікроорганізми, які не здатні розвиватися і викликати псування у звичайних умовах зберігання. **Головними параметрами, які характеризують процес стерилізації є температура, яку необхідно досягти і підтримати у стерилізаційному апараті, і час, протягом якого консерви піддаються нагріванню.** Недотримання цих параметрів призводить до виникнення різних видів біологічного браку консервів –

газоутворення і бомбаж, тобто підняття кришок, пліснявіння та ін., які виявляються через декілька днів, а іноді і тижнів після стерилізації.

**Витоплювання жиру** – це процес виділення його шляхом нагрівання сировини. При витоплюванні жиру вологим способом, процес здійснюється з додаванням 20-50 % води до маси сировини. При плавленні жиру гострою парою під тиском не нижче  $14,71 \cdot 10^4$  Па температура при витоплюванні свинячого жиру – 80 °С, яловичого і баранячого – 90 °С.

**До вологих способів допоміжної теплової обробки** відносяться бланшування, ошпарювання, розігрівання, знежирювання, розморожування, обварювання, розварювання, уварювання, варіння сиропу, ферментування.

**Бланшуванням сировини** називається тепла обробка при визначеному температурному режимі у воді, парі або водних розчинах солей, цукру, органічних кислот, лугів. Від бланшування в значній мірі залежить продукту і втрати у виробництві. **В залежності від виду сировини та обраної технології бланшування сировини передбачає такі цілі:**

1/ **змінити об'єм і масу сировини.** При виготовленні м'ясо-рослинних консервів, в рецептуру яких входять сухі бобові культури, практикують бланшування сухого гороху чи квасолі в киплячій воді протягом 10-20 хв для набухання зерен, при цьому завдяки усотуванню води об'єм їх та маса збільшується приблизно у 2 рази. Якщо цього не зробити, то під час стерилізації консервів сухі бобові культури набухають внаслідок поглинання бульйону, і у готовій продукції не залишиться рідкої фази. У ряді випадків бланшують і рис, об'єм і маса якого збільшується на 100 %;

2/ **розм'якшити сировину**, щоб можна було щільніше вкласти у банку, або для полегшення видалення неїстівних частин – шкірочки, кісточок, зернят, що необхідно при переробці плодоовочевої сировини. Розм'якшення плодів при тепловій обробці відбувається внаслідок двох причин: гідролізу протопектину і коагуляції білків протоплазми. При бланшуванні протопектин гідролізується і переходить у розчинну форму, клітини відокремлюються одна від одної, плодова тканина мацерується, тобто розм'якшується, стає крихкою і м'якою. Внаслідок коагуляції білків протоплазми пошкоджується цитоплазменна оболонка, осмотичний тиск спадає і плід також розм'якшується;

3/ **підвищити клітинну проникність.** Цитоплазм енні мембрани плодових клітин перешкоджають протіканню деяких технологічних процесів – пресуванню, солінню, зацукрюванню. Чим вище температура бланшування, тим менше часу потрібно для теплової обробки. Наприклад, при виготовленні варення в плодах протікають протилежні за напрямом дифузійно-осмотичні процеси, внаслідок яких з плодів видаляється сік, а в клітини проникає цукровий сироп. Згідно до вимог на готову продукцію, плоди після варіння повинні зберігати початковий об'єм і не бути зморщеними, а співвідношення між плодами і сиропом повинно знаходитись на рівні 1:1. Виходячи з цих вимог, варення необхідно варити так, щоб видалений при варінні сік компенсувався усмоктуваним цукровим сиропом, тобто відношення вологи до цукрового сиропу повинно бути близьким до одиниці. Якщо плоди помістити у цукровий сироп починається процес тільки осмотичного висотування вологи, а

дифузійне проникнення цукрового сиропу до плодових клітин затримується цитоплазменною мембраною. Тому плоди відразу зморщуються, і навіть не відновлюють повністю свого об'єму при пошкодженні цитоплазми при подальшому нагріванні. Це свідчить, що відношення показників видалення соку і всмоктування цукрового сиропу значно перевищує одиницю, внаслідок чого накопичується надлишок сиропу. Якщо плоди до варіння про бланшувати, то клітинна проникність їх зростає і при наступному зануренні в сироп одночасно відбувається і осмотичне висотування соку і дифузійне проникнення цукрового сиропу до плодової тканини через пошкоджену цитоплазменну мембрану. Для цього потрібно створити перепад тиску по обидві сторони цитоплазменної мембрани, тобто необхідно чергувати нагрів і охолодження, тому що загибла внаслідок нагріву клітина працює як осмотична системою;

4/ **запобігти помутнінню заливи.** Наприклад, при виробництві консервів із зеленого горошку, квасолі, кукурудзи проводять бланшування зерен для запобігання помутнінню заливи у консервах, оскільки при бланшуванні розчинна складова крохмалю – амілоза, переходить у розчин, а нерозчинна складова крохмалю – амілопектин, набухає. Амілоза, яка переходить у розчин призводить до помутнінню заливи. Для її видалення, після бланшування горошок промивають проточною водою;

5/ **інактивувати ферменти.** Короткочасне прогрівання чи бланшування при 80-100 °С інактивує більшість ферментів, які мають білкову природу, припиняють їх діяльність і тим самим запобігають ферментативному псуванню;

6/ **гідролізувати протопектин.** Виробництво драгледоподібної продукції – повидла, джему, желе, мармеладу, неможливе без наявності в увареній масі розчинного пектину, який в присутності цукру і кислоти утворює драглі. Цукор виконує роль зневоднюючого агенту, який руйнує сольватні оболонки пектину, а водневі іони нейтралізують негативні заряди пектинових молекул. Утворене желе являє собою трьохмірну просторову структуру з пектинових молекул, проміжки між якими заповнені цукровим сиропом. Пектинові речовини у рослинній сировині знаходяться переважно у нерозчинній формі у вигляді протопектину. Тому рослинну сировину необхідно про бланшувати протягом 10-20 хв, для переведу протопектину у розчинний пектин;

7/ **видалення повітря.** Повітря, яке міститься в міжклітинному просторі рослинної тканини, викликає погіршення якості продукту, руйнує вітаміни, сприяє корозії металевій тарі, появі піни при фасуванні, викликає підвищений тиск у банках під час стерилізації. При бланшуванні сировина у значній мірі звільнюється від повітря. Наприклад, при бланшуванні тканина огірків ущільнюється, підвищується її пружність, з'являється хрумка консистенція. Якщо огірки не замочувати і не бланшувати, повітря виходить при стерилізації, а його місце займає залива, рівень якої в банках понижується, верхні шари огірків оголюються, рН зростає вище 4,2 і тому стерилізація при 100 °С не забезпечує промислової стерильності готового продукту, особливо по відношенню до *C. botulinum*.

***При бланшуванні відбувається:***

- значно зменшується обсіменіння сировини за рахунок часткового знищення мікроорганізмів, які знаходяться головним чином на поверхні сирих продуктів;

- знижується вміст нітратів, за рахунок їх добрій розчинності у воді;

- видаляються леткі сірчані сполуки, які входять до складу білків і надають продукту неприємного сірчаного запаху, а також утворюють з металами банки або кришки сірчисті темнозабарвлені солі олова і заліза;

- видаляються глюкозиди, які надають деяким видам сировини неприємного гіркуватого присмаку – баклажани, чорноплідна горобина, спаржа та ін.;

- руйнується поверхневий восковий шар плодів з утворенням дрібних тріщин на шкірці, що запобігає утворенню великих тріщин, сповзанню шкірочки і розтріскуванню – сливи, виноград, деякі сорти яблук;

- покращується смак терпких плодів.

**Ошпарювання** – короткочасна обробка поверхні об'єкту гарячою водою або парою при температурі нижче 100 °С. Мета ошпарювання – послабити зв'язок між частинами, які потрібно видалити під час обробки – волосся, щетину, роговий башмак, пір'я, і самим об'єктом – тушкою, субпродуктом, а також зменшення механічної міцності шарів епідермісу, слизової оболонки, які видаляються. Наприклад, ошпарювання рубців великої рогатої худоби, сичугів свиней та великої рогатої худоби призводить до послаблення зв'язку слизистої оболонки зі стінкою шлунка при 62-65 °С. Язика ошпарюють для послаблення зв'язку між сполучною оболонкою – шкірою, та тілом язика при 75-80 °С.

**Розварювання** – сировини проводиться в киплячій воді або парою для руйнування структури тканини і полегшення протирання при виготовленні фруктових або овочевого пюре, соків з м'якоттю, консервів для дитячого і дієтичного харчування. При розварюванні в сировині проходять ті ж фізико-хімічні зміни, що і при бланшуванні, але ступінь дещо інша, тому що теплова обробка триває довше – від 15 до 25 хв при температурі 100-110 °С;

**Випаровування** – видалення вологи з продукту при кипінні, широко застосовується при виготовленні томатної пасти, томатного пюре, згущених фруктових і ягідних соків, повидла, джему. При концентруванні продуктів шляхом випаровування підвищується харчова цінність продуктів, створюються умови для тривалого зберігання, зменшується потреба у тарі, полегшується їх перевезення. Випаровування води із харчових продуктів супроводжується різними змінами фізичних і хімічних властивостей продукту – збільшується концентрація сухих розчинних речовин, підвищується його густина і в'язкість, зменшується теплоємність, теплопровідність і підвищується температура кипіння при такому ж тиску, відбувається коагуляція білків, розпад пектинових речовин, карамелізація цукру та ін. фізико-хімічні процеси.

*При низьких температурах кипіння і короткочасному впливу тепла, більш повно зберігаються цінні компоненти продукту і його властивості – колір, смак, запах.*

**Сухі способи теплової обробки.**

**Характерною особливістю сухих способів теплової обробки продуктів є проведення процесу при незначному парціальному тиску пари в гріючому середовищі.** В результаті продукти набувають специфічного запаху і аромату смажених, копчених або запечених із золотистою шкірочкою. До таких способів відносять смаження, запікання, копчення, сушіння та ін.

Обробку продуктів такими способами здійснюють при високих температурах – від 150 до 200 °С, внаслідок чого в поверхневому шарі продукту відбуваються різні реакції, в яких беруть участь амінокислоти, жири, цукрі та ін. компоненти. Сухі способи теплової обробки застосовують переважно для приготування продуктів з сировини з невеликим вмістом сполучної тканини і клітковини. Ці способи теплової обробки мають різновиди, які пов'язані з особливостями продукту.

**Смаження.** Смаженню піддають картоплю, овочі, м'ясні та рибні кулінарні вироби. Його здійснюють різними способами:

– *у невеликій кількості жиру або без жиру.* Продукт поміщають на лист з жиром, нагрітим до температури 150-180 °С, співвідношення продукту і жиру 1 : 0,1-0,2. Поверхня продукту швидко зневоднюється і покривається золотистою шкірочкою. Спосіб використовують для смаження м'яса до повної готовності. Тривалість обробки 15-45 хв. Передача тепла від граючої поверхні до внутрішніх шарів продукту відбувається за рахунок теплопровідності;

– *занурення продукту у обсмажувальну ванну з жиром,* нагрітим до температури 130-190 °С, що обумовлює утворення шкірочки по всій поверхні продукту. Таким чином смажать м'ясо, борошняні вироби, овочі;

– *продукт, политий жиром* поміщають в камеру обсмажу вальної шафи і нагрівання його проводиться переважно за рахунок випромінювання (на 80-85 %) від нагрітих поверхонь камери і частково завдяки теплопровідності горячого жиру та конвекції повітря. Даний спосіб застосовують, наприклад, для об смаження м'яса, птиці, випікання хліба;

Застосовують також комбіноване смаження. Коли використовують одразу декілька способів передачі тепла, наприклад, конвекція і безпосередній вплив теплових променів, конвенція і контактний спосіб та ін. Температурний режим смаження може бути як постійний, так і змінний.

**Запікання** – це обробка виробів гарячим повітрям або повітряно-димовою сумішшю. Запікання проводиться в декілька стадій з поступовим підвищенням температури гріючого середовища від 70 до 150-180 °С при виробництві м'ясних хлібів і від 70 до 80 °С при термообробці копчено-запечених ковбас. Нагрівання ведуть до досягнення в центрі продукту температури 70 °С.

**Особливостями процесу запікання** є те, що в результаті прямого контакту виробів з гріючим середовищем відбувається інтенсивне короткочасне випаровування вологи, що призводить до утворення поверхневого ущільненого шару, який перешкоджає подальшому виходу вологи із продукту як у вигляді пари, так і у вигляді бульйону, і вихід продукту збільшується. Крім того, пароутворення, що відбувається у середині виробу, утворює надлишкову напругу, яка розширює продукт, при цьому поліпшуються його органолептичні

показники. Тому ці особливості при нагрівання при запіканні визначають і особливості змін продукту: для зовнішнього сухого шару характерні зміни, які притаманні сухому нагріванню, а для внутрішнього – зміни, які характерні вологому способу.

У зовнішньому шарі денатураційні зміни білків доповнюються окисленням їх киснем повітря, а у внутрішніх шарах розвиваються процеси гідротермічного розпаду. Втрати при запіканні проходять майже виключно за рахунок випаровування вологи і витікання невеликої кількості витопленого жиру. Отже, при запіканні всі інші складові частини продукту практично повністю зберігаються. При запіканні коефіцієнт тепловіддачі нижчий, тому температуру гріючого середовища підтримують на більш високому рівні.

Запікання застосовується при виробництві кулінарних виробів, ковбас, м'ясних хлібів, солених м'ясних та рибних продуктів.

**Копчення** – це процес термічної обробки продуктів за допомогою димових газів та копильних препаратів. Головне призначення такої обробки – надання продуктам специфічного смаку та аромату і підвищення їх стійкості при наступному зберіганні. Копчення є комбінованим способом обробки продукту, якість якого залежить від хімічного складу копильного середовища – повітряно-димової суміші, яку одержують в результаті спалювання деревини і тирси при традиційних способах копчення або від копильних рідких препаратів при бездимовому копченні.

Дим являє собою аерозоль, який складається з твердих і дрібнокраплинних частин завислих у газовій фазі. У наданні продукту специфічного присмаку першочергова роль належить паровій фазі, що містить кислоти, альдегіди і фенольні сполуки, які мають бактерицидні властивості. Притаманні диму з деревини. Недоліком димового копчення є те, що до складу диму входять канцерогенні поліциклічні ароматичні ПАВ, із яких найбільш активним є 3,4-бензпірен. Для затримання цих речовин при виготовленні ковбас доцільно використовувати штучні оболонки білкової природи, тому що проникність в продукт через неї 3,4-бензпірена в 5 разів менше, ніж через натуральну оболонку, і у 9-10 разів менше, ніж через целюлозну оболонку.

**В залежності від температури**, при яких проходить процес, **розрізняють три види копчення** – напівгаряче (обсмажування), гаряче і холодне.

**Напівгаряче копчення (обсмажування)** – це короткочасне копчення при відносно високій температурі. Obsмажують варені та напівкопчені ковбаси, сосиски, сардельки. Мета обсмажування – зміцнення структури, завершення стабілізації забарвлення фаршу, випаровування частини слабкозв'язаної вологи, що дає змогу отримати готовий продукт з монолітною структурою, специфічним смаком і ароматом копчення.

В залежності від виду і розміру виробу обсмажування триває від 30 хв до 2,5 год при температурі від 60 до 110 °С, відносній вологості повітря 10-15 %, швидкості руху повітря – 2 м/с. Процес обсмажування проходить у 2 фази: 1 фаза – підсушування оболонки при 50-60 °С, 2 фаза – власне обсмажування при максимальних температурах. У кінці обсмажування температура у центрі



батона ковбаси повинна бути 40-45 °С для виробів малого діаметра і 30-35 °С – для м'ясопродуктів більшого діаметра.

**Гаряче копчення** – проводиться при температурі 35-50 °С протягом 12-24 год і застосовують його при виробництві напівкопчених ковбас (копчення після варіння). Гаряче копчення проводиться у 2 стадії: первинне і вторинне. Первинне копчення (обсмажування) варено-копчених ковбас здійснюють при температурі 70-80 °С протягом 1-2 год, вторинне – після їх варіння і охолодження – при температурі 30-35 °С протягом 48 год, а при 40-55 °С – 24 години. При тривалому гарячому копченні в тканинах сирих продуктів проходять ферментативні зміни, внаслідок чого продукт стає придатним до їжі без додаткової кулінарної обробки.

Інколи копчення поєднують з запіканням. При копченні продуктів відносну вологість повітряно-димової суміші доцільно підтримувати на рівні 40-45 %, щоб одночасно проходило їх сушіння і копчення. Використовують при виробництві копчено-запечених ковбас, м'ясних рулетів.

**Холодне копчення** – проводиться при температурі 18-22 °С протягом 2-3 діб і застосовується при виготовленні сирокопчених виробів з м'яса та риби з метою збільшення випуску копчених виробів. Копчення можна також проводити протягом 20-22 год при температурі 26-28 °С

З метою виключення попадання канцерогенних речовин диму, а також забруднення навколишнього середовища у багатьох вітчизняних і закордонних технологіях використовують коптільні препарати (рідини), що складаються із суміші хімічних речовин.

В залежності від виду коптільного препарату та можливостей виробництва застосовують декілька способів їх використання:

- введення в фарш;
- зрошування поверхні продукту перед тепловою обробкою;
- занурювання продукту в розчин коптільної рідини;
- розпорошування в обсмажу вальній камері;
- електростатичне нанесення дрібно розсіяних частинок коптільного препарату.

При використанні коптільних препаратів ковбасні вироби обсмажують без використання диму у камерах з газовим, паровим або електричним нагріванням за звичайними режимами.

**Обсмажування** – як основний спосіб термічної обробки широко застосовується при виробництві овочевих та рибних консервів. Для обсмажування сировину (овочі або рибу) завантажують на 5-15 хв в нагріту до 130-140 °С олію. При обжарюванні з сировини видалається значна частина вологи, а ззовні в неї усмоктується певна кількість олії. На поверхні сировини утворюється золотисто-коричнева кірка за рахунок карамелізації вуглеводів та процесу меланоїдиноутворення, які надають обсмаженому продукту хрумкої консистенції, специфічного смаку та аромату.

Після завантаження сировини в гарячу олію, волога відразу починає випаровуватися з поверхні продукту. До тих пір, поки поверхня сировини волога, температура її не може піднятися вище 100 °С, тому що температура

кипіння води 100 °С. Для карамелізації вуглеводів і утворення кірочки необхідна температура вище 100 °С. Швидкість випаровування вологи з поверхні перевищує швидкість дифузійного висотування її з внутрішніх шарів на поверхню. Тому, коли поверхневий шар продукту зневодиться, температура його починає підійматися вище і тоді на поверхні з'являється кірка з продуктів карамелізації. При обсмаженні овочів кірочка утворюється з вуглеводів, які містяться у сировині – цукрі, крохмалі та ін. В рибі вуглеводів немає, тому перед обсмажуванням її панірують у борошні і кірочка утворюється з вуглеводів борошна.

**Сушіння** – це процес видалення з матеріалу будь-якої рідини. При сушінні вологих пористих матеріалів, плодів та овочів, процес сушіння можна розділити на 2 періоди: 1/ при постійній швидкості сушіння, коли відбувається випаровування вологи з поверхні матеріалу і 2/ при спадній, коли відбувається випаровування вологи з внутрішніх шарів матеріалу. При цьому температура його підвищується, досягаючи до кінця процесу температури сушильного агента. Процес сушіння проходить правильно, якщо швидкість видалення вологи з поверхні дорівнює швидкості переміщення вологи з глибинних шарів до поверхні. При перевищенні швидкості випаровування, відбувається інтенсивне висушування поверхні і утворенні кірочки. Яка запобігає видаленню вологи з глибинних шарів і сповільнює процес сушіння. У зворотному випадку – відбувається запарювання продукту, що висушується. Оптимальним вважається той режим сушіння, при якому отриманий готовий продукт найбільш повно відновлює при кулінарній обробці свої вихідні властивості.

В початковий момент зневоднення продукту висока температура повітря понад 100 °С не створює небезпеки перегрівання продукту, тому що його температура не перевищує температури мокрого термометра при даній вологості повітря. Наприкінці процесу сушіння з метою попередження небажаних хімічних реакцій – меланоїдиноутворення та гідролізу, температура повітря не повинна перевищувати 55-65 °С.

**Витоплювання жиру сухим способом** здійснюється з використанням глухої пари. Руйнування жирової сировини здійснюють пвід тиском у тонкому шарі або у дві стадії. При використанні безперервно діючих установок – I стадія при температурі 45-50 °С, II стадія при температурі 65-70 °С, при використанні установок періодичної дії – I стадія при температурі 65-75 °С. II стадія при температурі 80-90 °С.

До сухих способів допоміжної теплової обробки відносять пасерування, підсмажування, підсушування, темперування, упарювання та ін.

**Пасерування** – обсмажування продуктів з жиром або без нього перед наступною тепловою обробкою при виробництві кулінарних виробів, консервів – пасерують моркву, цибулю, біле коріння.

**Підсмажування (обсмажування)** – теплова обробка м'ясної сировини – м'язів, нирок та ін., перед стерилізацією в достатньо великій кількості жиру.

**Підсушування** – застосовується для підвищення стійкості при зберіганні зерна, харчових продуктів, біопрепаратів, желатину тощо.

**Комбіновані способи теплової обробки.** Технологічні схеми виробництва харчових продуктів передбачають сумісництво кількох способів теплової обробки. Наприклад, при тушінні сухий продукт спочатку обжарюють з усіх боків в ємності, з додаванням жиру або без нього, до утворення золотистої кірочки, потім вологий продукт доводять до кулінарної готовності з доданням бульйону у закритій ємності при температурі 95 °С. Тепло підводиться таким чином, щоб кількість випареної і сконденсованої води було однаковим, а продукт знаходився частково у рідині, а частково – у пароповітряній суміші. Таку обробку переважно застосовують для розм'якшення жорсткого м'яса та продуктів рослинного походження.

При виробництві варено-копчених виробів суміщають коптіння і варіння.

Теплова обробка копчено-запечених виробів включає гаряче коптіння і запікання повітряно-димовою сумішшю з температурою 75-95 °С протягом 6-12 год в залежності від маси продукту.

До комбінованих допоміжних способів теплової обробки відносяться – обпалювання, обсмажування, знежирювання, волого-теплова обробка мезги при виготовленні пюреподібних консервованих продуктів.

### **5. Вплив теплової обробки на склад та властивості продукції**

Внаслідок теплової обробки складові частини сировини піддаються змінам. Які можуть впливати на якість готових виробів як позитивно, так і негативно. Наприклад, смак і колір багатьох харчових продуктів обумовлені саме тими змінами, які проходять при дії тепла на сировину. Але при цьому зменшується вміст вуглеводів, білків, жирів та ін. поживних речовин. Напряма та глибина змін залежить від багатьох факторів – температури, тривалості обробки, наявності та вмісту води, присутності кисню, іонів металів перемінної валентності тощо. В залежності від температури та вологості продукту всі зміни можна умовно поділити на групи:

- зміни при вологому нагріванні в межах помірних температур (до 100 °С)
- зміни при вологому нагріванні до високих температур (вище 100 °С)
- зміни при сухому нагріванні.

В процесі гідротермічної обробки сировини в межах помірних температур у тканині відбуваються різні фізико-хімічні зміни, які характерні для наступних температурних інтервалів:

– 30-35 °С – клітини тканини зберігають цілісність, підвищується активність окремих ферментів;

– 40-60 °С – цитоплазма клітини внаслідок денатурації білків поступово коагулює, зростає активність ферментів;

– 55-75 °С – збільшується швидкість денатурації білків цитоплазми і мембран, порушується проникність, починається поступова інактивація ферментів, окремі компоненти клітинного соку і інших структур тканини починають взаємодіяти один з одним;

– 70-100 °С – відбувається розм'якшення рослинної тканини, інактивація ферментів, починаються окремі процеси розпаду і утворення інших речовин.

Найбільш характерними в важливими змінами, до яких призводить помірне гідротермічне нагрівання тканин м'яса, є тепла денатурація

розчинних білкових речовин, гідротермічний розклад колагену, зміна екстрактивних речовин і вітамінів, знешкодження вегетативних форм мікрофлори.

*Зміни, які відбуваються при температурі вище 100 °C в закритих ємностях*, мають переважно гідролітичний характер. Відмінність у порівнянні з помірним нагріванням полягає у тому, що значно зростає їхня швидкість і виникають такі процеси, які не відбуваються при низьких температурах. Наприклад, дезамінування і декарбоксілювання деяких амінокислот.

*Нагрівання при температурі вище 100 °C в контакті з атмосферою* супроводжується зневодненням продукту і взаємодією його поверхневої частини з киснем повітря. Нагрівання такого роду наближається до сухого у тій частині продукту, яка в достатній мірі зневоднюється, тобто у поверхневому шарі. Зміни у цій частині продукту мають гідролітичний і окислювальний характер, що є специфічним для такого роду нагрівання.

*Гідроліз білків та інших азотистих сполук*. Нагрівання продукту до температури вище 100 °C викликає частковий гідроліз білка з утворенням вільних амінокислот, які потім розпадаються з утворенням аміаку, амідів, сірководню, що понижує біологічну цінність продуктів. Одночасно відбуваються реакції взаємодії амінокислот з редуруючими сахарами, що мають назву реакції Майяра, внаслідок чого знижується вміст азотистих речовин. З підвищенням температури і тривалості нагрівання ступінь гідролізу збільшується, при цьому швидкість розпаду поліпептидів зростає більш інтенсивно, ніж швидкість розпаду білкових речовин до поліпептидів.

Тривале нагрівання при високих температурах викликає розпад колагену до глютину і гідроліз глютину до желатоз. Це зменшує жорсткість м'яса і сприяє кращому засвоєнню його організмом. Але надмірний розпад веде до розпаду волокон тканини, до утворення низькомолекулярних сполук, що знижує його гелеутворюючу здатність.

Найменш стійкими до нагрівання є сірковмісні амінокислоти метіонін і цистеїн, які розпадаються з виділенням сірководню, що знижує біологічну та органолептичну цінність продукту. При розпаді цистину до цистеїну та сульфенової кислоти утворюються дегідроаланін, який вступає в реакції з іншими амінокислотами. Крім сірковмісних амінокислот нестійкими до нагрівання є лізин, треонін, аргінін, валін і гістидин, більш стійкими є – пролін, ізолейцин, аланін, аспарагінова кислота.

При нагріванні білка іноді спостерігається зниження його гідролізу протеолітичними ферментами. Наприклад, аміногрупи лізину при нагріванні взаємодіють з карбонільними групами редуруючих сахарів, утворюючи між- і внутрішньомолекулярні зв'язки з глютаміною та аспарагіною кислотами, дегідроаланіном, ліпідами та продуктами їх окислення, що призводить до екранування пептидних зв'язків і погіршення засвоєння білків.

У продуктах рослинного походження зміни білкових речовин мають такий самий характер, як і у продуктах тваринного походження.

*Денатурація білкових речовин*. В процесі теплової денатурації білків змінюється просторова конфігурація нативної структури білкових молекул,

зменшується їх гідратація і розчинність. Відбувається різке зниження або втрата ферментативної і гормональної активності білків. При тепловій денатурації відбувається розрив деяких водневих зв'язків, що утримують поліпептидні ланцюги у білковій молекулі, але не відразу і не всіх. З цим пов'язана різна ступень денатурації – від незначних структурних змін, до істотного порушення взаємного розташування пептидних ланцюгів.

Характер змін білків залежить від температури і умов нагрівання. Надмірне нагрівання може знизити харчову цінність продукту.

Вплив тепла на міофібрилярні білки м'яса – міозин і актин, виявляється уже при температурі 40 °С. У першу чергу денатурує міозин, нагрівання якого при 40 °С протягом 3 год призводить до зниження його розпаду під дією гідролітичних ферментів майже на 50 %. При 50 °С денатурація стає ще більш значною і більша частина **білків саркоплазми** денатурує, а при 70 °С – починається денатурація **міоглобіну**, внаслідок чого ослаблюється зв'язок між гемом і глобіном і змінюється забарвлення м'яса.

При тепловій обробці в результаті денатурації білків, **м'язові волокна** ущільнюються, скорочуються, зменшуються у діаметрі, збільшується жорсткість м'яса. Збільшується опір різанню. Наприклад, при варінні свинини при 100 °С протягом 1 години опір різанню підвищується у 2,5 рази.

**Гідротермічний розпад колагену.** При нагріванні у вологому середовищі м'яса до 58-62 °С колаген зварюється, колагенові волокна деформуються, скорочуються та потовщуються, а міцність тканими слабшає за рахунок розривання водневих зв'язків і сольових містиків у три стадії – спочатку у середині довгих поліпептидних ланцюгів, потім розривання бокових зв'язків між ланцюгами і наприкінці розривання водневих зв'язків між пептидними ланцюгами і молекулами води.

Практично у всіх випадках вологого нагрівання колагенвмісних тканин утворюються полідисперсні продукти розпаду колагену.

У клеє - желатиновому виробництві і при виробництві драглів, колаген зварюють і проводять гідротермічну дезагрегацію, яка є головним технологічним процесом отримання і виділення із колагену желатину та клею.

**Зміни екстрактивних речовин.** У формуванні запаху та смаку м'яса важливу роль відіграє глютамінова кислота. Глютамін, що міститься в м'язовій тканині, при нагріванні у слабко кислому середовищі перетворюється у глютамінову кислоту. При нагріванні посилюється розпад інозинової кислоти – при 95 °С через 1 годину розпадається близько 80 % кислоти з утворенням головним чином гіпоксантину. Близько 33 % креатину, який має гіркуватий смак, перетворюється в креатинін. Розпадається глютатіон з утворенням сірководню.

У формуванні аромату харчових продуктів велике значення відіграють реакції взаємодії аміносполук з цурками, відомі під назвою реакції меланоїдиноутворення.

**Зміни вуглеводів.** У харчових продуктах містяться різні вуглеводи – прості моносахариди, дисахариди, крохмаль, клітковина та ін.

При нагріванні крохмалю в присутності води відбувається його клейстеризація, яка полягає у руйнуванні структури крохмальних зерен і їх набуханні. Сухе нагрівання вище 120 °С призводить до декстринізації крохмалю, тобто до розщеплення крохмальних полісахаридів і перетворенні їх у розчинні у воді високомолекулярні речовини – піродекстрини та ряд летких речовин. Нагрівання крохмалю з водою у кислому середовищі або в присутності ферментів – амілаз призводить до його гідролізу.

Прості сахари а також продукти гідролізу крохмалю, при нагріванні можуть гідролізуватися, карамелізуватися, вступати в реакції меланоїдиноутворення.

Дисахариди, гідролізуючись, приєднують воду і перетворюються у прості сахари. Гідроліз проходить під дією ферментів або при нагріванні у кислому середовищі. Якщо сахари нагрівати до температури вище плавлення, то вони втрачають воду і карамелізуються. В результаті карамелізації утворюються ангідриди, які одночасно полімеризуються, розпадаються і утворюють різні речовини, у тому числі і альдегіди – фурфурол, піровиноградний альдегід та ін. Вони в свою чергу полімеризуються, конденсуються з утворенням темнозабарвлених сполук – карамельна, карамеліна та ін.

Редукуючи сахари через наявність карбоксильної групи при нагріванні легко вступають в реакції з амінокислотами, а також білками та пептидами, які містять вільні аміногрупи. Кінцевими продуктами цих реакцій є меланоїдини – речовини змінного складу і будови, що мають колір від жовтого до темнокоричневого.

Активність сахарів в реакціях з амінокислотами та інтенсивність потемніння залежить від температури, рН середовища, концентрації сухих речовин у розчині, природи компонентів та ін. факторів. З амінокислотами взаємодіють тільки відновлені сахари. Найактивніше реагує ксилоза, арабіноза, за ними – глюкоза, галактоза і фруктоза.

Крім вільних амінокислот з редукуючи ти сахарами реагують білки, пептиди, аміни, амоній та ін. азот місткі речовини.

Важливими компонентами рослинних тканин є пектинові речовини – пектинова та пектова кислоти, пектин і протопектин.

Нагрівання руйнує водневі зв'язки в молекулі пектину і може викликати його деметилування. В залежності від властивостей вихідного протопектину і умов теплової, кислотної або лужної обробки, отримують пектини різні за ступенем полімеризації і вмістом меток сильних груп. Розщеплення протопектину призводить до зменшення міцності рослинної тканини, послаблюється зв'язок целюлози з лігніном і протопектином і змінюється консистенція продукту.

**Зміни ліпідів.** Швидкість гідролітичного розпаду жиру зростає при підвищенні температури. Але суттєві зміни відбуваються при тривалому впливі температур вище 100 °С.

Значно прискорюється гідролітичний розпад жиру під впливом ліполітичних ферментів – ліпаз, які містяться в жировій тканині. Наприклад, кислотне число свинячого жиру вільного від ліпази при температурі 30 °С через

75 год зростає всього на 0,36, тоді як кислотне число того ж жиру при 22 °С, але в присутності ліпази, збільшується на 3,9 одиниць.

В ліпідах при нагріванні внаслідок гідролізу накопичуються жирні кислоти. Які окислюються швидше, ніж тригліцериди. Що призводить до окислювального псування продукту.

Встановлено, що в консервах для дитячого харчування з м'яса птиці, вже при бланшуванні розпочинаються гідролітичні зміни з утворенням перекисів, карбонільних сполук, зниження вмісту ненасичених жирних кислот.

Окрім температури на швидкість окислення жирів впливають зовнішня енергія – світлова та речовини, які відіграють роль каталізаторів – гемові пігменти, метали та їх солі.

При помірній тепловій обробці, наприклад, при витоплюванню жиру, варінні м'яса і риби, пастеризації молока, жири не зазнають істотних змін. Але при смаженні продуктів, випіканні хлібобулочних виробів, коли температура досягає 180 °С і вище, вони зазнають суттєвих змін. При високій температурі, а також тривалому нагріванні жири піддаються гідролізу, окисленню і полімеризації, розпаду з утворенням летких жирних кислот. Багато продуктів окислення ненасичених жирних кислот легко полімеризується з утворенням високомолекулярних сполук. Це призводить до потемніння кольору жиру, збільшення його в'язкості.

**Зміни барвників.** В процесі теплової обробки, зокрема стерилізації, колір рослинної та тваринної сировини змінюється. Окрім утворення меланоїдинів відбувається руйнування антоціанів, хлорофілів, каротиноїдів.

**Антоціани** – барвники від рожевого до фіолетового кольору, які містяться у вишнях, сливах, темнозбарвлених ягодах винограду. Чорній смородині, малині, полуниці, баклажанах та ін. Антоціани є глікозидами антоціанідинів і похідними однієї і тієї ж ароматичної структури – флавілієвого катіону. Належить вона до групи флавоноїдів і містить один або декілька залишків сахарів (переважно глюкози, рамнози або галактози). У межах температур 45-110 °С існує лінійна залежність між кількістю зруйнованих антоціанів і підвищенням температури. Стабільність антоціанів знижується при переході від оранжевого кольору до фіолетового. Встановлено, що між окремими видами антоціанів нема істотних відмінностей в кінетиці термічного руйнування.

**Хлорофіли** – барвники, які обумовлюють зелений колір шпинату, щавлю, зеленого горошку та ін. Відомі 2 різновиди хлорофілу – хлорофіл α і хлорофіл b. Хлорофіл являє собою складний ефір двоосновної кислоти і двох спиртів – метилового і фітону. При нагріванні овочів яскраво зелені хлорофіли перетворюються в темно-оливкові феофітини внаслідок взаємодії хлорофілу з кислотами, що містяться в клітинному соку. В сирих овочах кислоти не мають доступу до хлорофілу, що знаходиться в протоплазмі. При нагріванні протоплазма денатурується і хлорофіл вступає в реакцію з кислотами клітинного соку. Каротиноїди – групова назва пігментів, які включають каротиноїди, лікопін та ксантофіл. Каротиноїди досить стійкі до дії високих температур і до зміни реакції середовища. Наприклад, при стерилізації

томатного соку руйнується порівняно з сировиною 1-13 % лікопину та 1-32 % каротину.

**Зміни вітамінів.** Найбільш термолабільним є *вітамін С, тіамін, фолієва та пантотенова кислоти. Вітамін В<sub>6</sub>*, який міститься в продуктах у вигляді піридоксола, піридоксаля і піридоксаміну, окремо або у сполуках, термостабільний тільки у формі піридоксаля. *Вітамін А* також досить чутливий до впливу тепла, а його провітамін – β-каротин та ін. більш термостійкі. При тепловій обробці овочевої сировини вище 110 °С, відбувається руйнування всіх вітамінів у різній мірі.

**Зміни мінеральних речовин.** Мінеральні речовини в найбільшій мірі втрачаються при бланшуванні, варінні при використанні води, порівняно з паром. А при стерилізації значна частка мінеральних речовин екстрагується у рідку фазу. Наприклад, при виробництві консервованого зеленого горошку в заливу переходить 26-28 % кальцію, 34-43 % магнію, 32-41 % калію, 24-27 % фосфору.

### **Фізико-хімічні основи харчових технологій**

#### **1. Масообмінні процеси харчових технологій**

##### **Процес екстрагування продовольчої сировини**

**Екстрагування** – найбільш поширений спосіб вилучення корисних речовин з харчової сировини за допомогою розчинника.

Екстракція заснована *на законі розподілу* – вилучення речовини тим повніше, чим більше коефіцієнт його вилучення відрізняється від одиниці. Екстракція може бути **однократною**, коли екстрагент додається один раз, і **дробною** – додання екстрагенту проводиться порціями в декілька прийомів.

У харчових виробництвах екстрагуванню піддають частіше сировину рослинного походження – фрукти, насіння олійних культур, цукровий буряк та ін. За фізичними властивостями ця сировина відноситься до твердих тіл. Перед екстрагуванням, рослинну сировину подрібнюють, при цьому частина рослинних клітин ушкоджується і внутрішньоклітинна речовина переходить у екстрагент. Але більшість клітин залишається неушкодженими, і речовина вилучається із сировини крізь клітинні мембрани у екстрагент **за рахунок дифузії**.

Процес екстрагування можна здійснювати, зануривши підготовлену сировину у рідкий екстрагент. В цьому випадку концентрація речовини у сировині буде постійно зменшуватись, а у екстрагенті – збільшуватись. Процес екстрагування закінчиться, коли концентрація речовин у сировині і у екстракті зрівняється. При перемішуванні швидкість екстрагування зростає.

Процес екстрагування можна проводити також шляхом пропускання екстрагента крізь нерухомий шар сировини тобто **за рахунок фільтрації**.

Процес екстрагування може відбуватися шляхом **протиточного надходження сировини і екстрагенту** і їх незупинного переміщення. Взагалі процес екстрагування можна поділити на 4 стадії:

- проникнення екстрагента у пори рослинної сировини;
- розчинення вилучаємої речовини екстрагентом;



- дифузійний перенос вилучаємої речовини до поверхні частинки сировини;
- перенос вилученої сировини з поверхні сировини у рідку фазу, тобто екстрагент.

При екстрагуванні соковитої рослинної сировини враховують швидкість переносу у середині частинки сировини – **внутрішня дифузія**, та швидкість переносу з поверхні твердого тіла у рідину екстрагенту – **зовнішня дифузія**. В залежності від величини опору процес дифузії може протікати по-різному.

**У першому випадку зовнішньої дифузії перевищує швидкість внутрішньої.** Тоді швидкість внутрішньої дифузії, яка обмежує швидкість екстрагування, визначається рівнянням

$$M = \frac{D_{\text{внут}}}{l} \cdot F \cdot \Delta C \cdot \tau$$

де  $D_{\text{зов}}$  – коефіцієнт внутрішньої дифузії,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$l$  – визначальний розмір часточок,  $\text{м}$ ;

$F$  – сумарна поверхня сировини,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta C$  – різниця між середньою концентрацією речовини усередині сировини і середньою концентрацією речовини у розчині, який оточує сировину,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\tau$  – тривалість процесу,  $\text{с}$ .

Цей процес здійснюється в апаратах активним перемішуванням фаз. Перенос речовини з внутрішньо - клітинної рідини за межі клітини здійснюється за рахунок молекулярної дифузії через багат шарову оболонку, яка складається з двох мембран, між яким знаходиться протоплазма. Рослинні клітини щільно оточені іншими клітинами і речовина з внутрішніх клітин повинна дифундувати через ці клітини, що свідчить про великий опір внутрішній дифузії. Для зменшення опору подрібнену сировину піддають тепловій, хімічній, ферментативній обробці або електроплазмолізу, що призводить до денатурації протоплазми і зростанню проникності оболонок рослинних клітин.

У зв'язку з малим розміром клітин (5-50  $\mu\text{м}$ ) і ще менших розмірів пор, по яких переноситься речовина, швидкість молекулярної дифузії навіть після попередньої обробки сировини набагато менша, ніж швидкість молекулярної дифузії цієї ж речовини у чистій речовині. Тому **D називають коефіцієнтом масопровідності**, який входить у **дифузійний критерій Біо**.

**У другому випадку, коли швидкість внутрішньої дифузії перевищує швидкість зовнішньої дифузії**, рівняння масопередачі для зовнішнього переносу, який обмежує швидкість екстрагування, має вигляд

$$M = \frac{D_{\text{зов}}}{\delta} \cdot F \cdot \Delta C$$

де  $D_{\text{зов}}$  – коефіцієнт зовнішньої дифузії,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$\delta$  – товща граничної плівки,  $\text{м}$ ;

$\Delta C$  – різниця концентрації вилученої речовини на межі твердого тіла і рідини та середньої концентрації у оточуючій рідині,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

## **2. Сорбційні процеси та їх застосування**

Процес **сорбції**, тобто поглинання газів або розчинених речовин твердими матеріалами або рідинами може протікати за різними механізмами. Як вам уже відомо, сорбція може бути **4 типів** – абсорбція, адсорбція, хемосорбція і капілярна конденсація.

Різниця між процесами абсорбції і адсорбції в тому, що при абсорбції речовина поглинається усім об'ємом рідини, а при адсорбції – тільки поверхнею поглинача, тобто адсорбенту.

Найбільше практичне значення мають поглинання і віддача продуктами води. **Зволоження продукту**, тобто сорбція водяних парів продуктом, відбувається тоді, коли тиск водяних парів у поверхні перевищує тиск водяних парів на його поверхні, який виникає в результаті випаровування частини вільної води самого продукту. **Поглинання вологи продуктом** у цьому випадку відбувається як за рахунок утворення тонкого шару на його поверхні (адсорбція) і шляхом об'ємного поглинання (абсорбція) гідрофільними речовинами, так і в результаті капілярної конденсації (при наявності макро- і мікро капілярів). **Віддача вологи (десорбція) продуктом** відбувається при більшому тиску водяних парів на поверхні продукту у порівнянні з тиском водяного пару у повітрі. Процес зволоження і віддачі продуктом відбувається до рівноважної вологості, при якій тиск водяного пару у повітрі і на поверхні продукту становиться рівним.

У харчових виробництвах процеси абсорбції і адсорбції займають значне місце. Наприклад, процес абсорбції має місце при насиченні мінеральної води та різних напоїв двоокисом вуглецю, адсорбції – при очищенні соків і вин. В якості адсорбентів використовуються тверді пористі матеріали з великою питомою поверхнею – активне вугілля, силікагель, целюозна маса, кізельгур, різні активовані глини та ін.

Розрізняють фізичну адсорбцію і хімічну, яка називається **хемосорбцією**. **Фізична адсорбція** обумовлена взаємним притягненням молекул адсорбенту і адсорбату під дією сил Ван-дер-Ваальса і не супроводжується хімічною взаємодією адсорбованої речовини з поглиначем.

При **хімічній адсорбції** в результаті хімічної реакції між молекулами поглиненої речовини і поверхневими молекулами поглинача виникає хімічний зв'язок.

Внаслідок сорбції продукти при зберіганні набувають небажаного стороннього запаху, зволожуються за рахунок пари води із повітря. Печиво, вафлі, сухарі розм'якшуються, втрачають крихкість, а такі продукти як розчинний кофе, борошно, сіль і цукор злежуються, карамельні вироби – втрачають форму.

Десорбція вологи із продуктів також несприятливо впливає на їх якість. В результаті випаровування змінюється форма, консистенція продукту, відбувається втрата маси, наприклад, усушка сиру, м'яса, яєць та ін. Випаровування вологи характерно для плодів і овочів. Воно призводить до зів'янення, ослаблення тургору клітин, порушення обміну речовин і псування. Величина втрат вологи продуктами залежить від температури, відносної вологості повітря, швидкості руху повітря, тари і способу укладення товару.

### **3. Процеси розчинення та кристалізації**

Методи підготовки сировини різноманітні і залежать від виду сировини, фізичного стану і способів наступної обробки. Сировина, що розчиняється у воді або здатна утворювати з нею емульсії чи суспензії, дозується при безперервному способі виробництва за об'ємом. Підготовка сухої сипучої сировини – кухонна сіль, цукор, зернові продукти, борошняні вироби та ін., проводиться у спеціальних підготовчих приміщеннях, де готують цукрові сиропи, заливку з використанням солі, проводять попередню обробку круп та ін. У зв'язку з цим, такі компоненти як сіль розчиняють у солерозчинниках, які мають пристрої для фільтрування і відстоювання розчинів, для очищення від нерозчинних домішок. Концентрацію розчину кухонної солі або цукру виражають у відсотках, тобто в г на 100 г води. Для визначення концентрації солі у розчині, визначають щільність розчину ареометром-солеміром, або за допомогою певних таблиць, при використанні звичайного ареометра, по показнику щільності розчину визначають, якій концентрації солі відповідає визначена щільність, і корегують доданням солі або води.

**Цукор кристалічна речовина.** У харчових продуктах цукор знаходить в аморфному стані. Для перетворення кристалічної речовини у аморфну, необхідно зруйнувати кристалічну решітку шляхом розчинення або розплавлення, а потім розплавлену масу швидко охолонути. Молекули цукру не встигають зібратися в структуровану решітку, внаслідок чого маса здобуває однорідну аморфну структуру. Цукор, що має в молекулі 8 гідроксильних груп, легко перетворюється в аморфну речовину, однак це перетворення можливо лише при умові уповільненого руху молекул. Для цього, наприклад, при виробництві карамелі підвищують в'язкість цукрового сиропу шляхом уварювання його до вологості 1-3 %. Аморфний стан нестійкий і з часом кристалічна решітка відновлюється, а вироби оцукрюються. Особливо швидко оцукрюються карамель та ін. вироби з поверхні навіть при незначному їх зволоженні. Зовнішньо оцукрювання карамелі проявляється в утраті прозорості.

**Сахароза може виділятися у вигляді кристалів тільки у пересичених розчинів.** Щоб довести розчин сахарози до пересиченого стану, необхідно створити умови для утворення центрів кристалізації і здійснити ріст кристалів шляхом відкладення на їх поверхні нових кількостей сахарози, для цього застосовується уварювання. Вміст сахарози в розчині залежить від коефіцієнта пересичення, який зростає з підвищенням температури, і виражається масовим відношенням розчиненого цукру до чистої води у розчині. В присутності нецукрів розчинність цукру значно збільшується і визначається **коефіцієнтом насичення**

$$\alpha_1 = \frac{H^1}{H}$$

де  $H$  – коефіцієнт розчинності сахарози в даному розчині, що містить нецукри;

$H^1$  – розчинність чистої сахарози.

Розчин, що містить цукру більше, ніж у насиченому розчині, називаються **пересиченими**. Ступінь пересичення розчину вимірюється коефіцієнтом

**пересичення, що показує, в скільки разів у даному розчині на одиницю води припадає цукру більше, ніж у насиченому розчині при тій же температурі**

$$\alpha = \frac{H_1}{H^1}$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт пересичення

$H_1$  – кількість розчиненого цукру в даному розчині на одиницю маси води;

$H^1$  – розчинність цукру на одиницю маси води при тій же температурі і в дистильованій воді.

Якщо  $\alpha = 1$  – розчин насичений, при  $\alpha < 1$  – розчин ненасичений, при  $\alpha > 1$  – розчин пересичений.

Ріст кристалів відбувається не миттєво, а з деякою швидкістю, що називається швидкістю кристалізації, яка характеризується коефіцієнтом, що визначає кількість сахарози в міліграмах, що відкладається з пересиченого розчину в секунду на  $1 \text{ м}^2$  поверхні кристала.

$$g = k^1 F \tau$$

де  $g$  – маса цукру, що викристалізовується, мг;

$k^1$  – коефіцієнт швидкості кристалізації, мг/( $\text{м}^2 \cdot \text{с}$ );

$F$  – площа поверхні кристала,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  – час кристалізації, с.

Кристалізація цукру зв'язана з переміщенням маси і відноситься до дифузійного процесу, рушійною силою якого є різниця концентрації сахарози в розчині і на поверхні кристалів. Звичайно кристали рухаються у між кристальній рідині. На їхній поверхні утворюється прикордонний шар, швидкість якого стосовно поверхні кристалів близька до нуля, і масообмін у прикордонному шарі може відбуватися тільки шляхом дифузії. Очевидно, що прикордонний шар і чинить опір при кристалізації. Перехід цукру з прикордонного шару безпосередньо до кристалу також пов'язаний з подоланням деякого опору. Таким чином, швидкість кристалізації є функцією двох процесів, що протікають одночасно – розчинення і росту кристалів цукру шляхом сумісних перетворень.

#### **4. Процеси перегонки та ректифікації**

Існує 2 види перегонки – проста і фракційна. **Проста перегонка** заснована на постійному нагріванні рідини з відводом пари. У перегінному апараті у рівновазі з рідиною знаходиться тільки частина утвореної пари. Простою перегонкою отримати чистий компонент неможливо, тому її застосовують у тих випадках, якщо не вимагається повне розділення суміші на чисті компоненти. Вона можлива у тих випадках, коли температури кипіння компонентів сильно розрізняються.

**Фракційна перегонка** – процес, що складається з декількох стадій: 1/ нагрівання вихідної рідини до кипіння і отримання деякої кількості пари визначеного складу; 2/ конденсація отриманої пари; 3/ випаровування конденсату для отримання пари нового складу. Більш багатой легко летючим компонентом. Розподілення сумішей проводять безперервно фракційною перегонкою, які називають ректифікація. В технологіях виробництва етилового

спирту застосовуються процеси перегонки і ректифікації. Вилучення етилового спирту з бражки і його очищення здійснюються ректифікацією.

**Ректифікацією** називають процес розділення бінарної або багатокомпонентної рідини суміші на компоненти фракції, що розрізняються між собою летючістю. Вилучення спирту засновано на різній летючості спирту та його домішок. Летючість домішок залежить від концентрації в середовищі етанолу.

Для оцінки летючості домішок по відношенні до летючості етанолу використовують таке поняття, як коефіцієнт випаровування і ректифікації.

**Коефіцієнтом випаровування** є співвідношення

$$k = A/Q$$

де  $k$  – коефіцієнт випаровування;

$A$  – вміст етанолу в парах

$Q$  – вміст етанолу в рідині.

Для домішок відповідно приймаємо позначення  $\alpha$  і  $\beta$ . В цілому  $k_{\text{дм}} = \alpha / \beta$ .

**Коефіцієнтом ректифікації** називається відношення коефіцієнту випаровування домішок до коефіцієнту випаровування етанолу

$$k^1 = \frac{k_{\text{дм}}}{k_{\text{ег}}} = \frac{\alpha}{\beta} : \frac{A}{\alpha} = \frac{\alpha\alpha}{\beta A}$$

Він показує збільшення, або зменшення вмісту домішок по відношенню до етилового спирту.

Процес перегонки використовують також в коньячному виробництві.

**Дезодорація масел** являє собою дистиляційний процес, метою якого є видалення з масла речовин – низькомолекулярних жирних кислот, альдегідів, кетонів та ін. летючих продуктів, які визначають запах і смак масла, а також виділення з рослинних масел небажаних чужорідних сполук.

На початку процесу олію підігрівають глухою парою до температури 100-120 °С, а потім подають гостру пару і поступово доводять температуру до 150-170 °С. Тривалість процесу 4-6 годин.

## **5. Утворення дисперсних систем та структура харчових продуктів**

### **5.1 Утворення харчових емульсій та їх властивості**

**Емульсії** – це дисперсні системи, що складаються з рідкої дисперсної фази і рідкого дисперсійного середовища. Обов'язкова умова утворення емульсії – нерозчинність речовини дисперсної фази в дисперсійному середовищі. Звичайно емульсії одержують методом механічного диспергування. Для цього використовують різні мішалки, змішувачі, гомогенізатори, колоїдні млини і ультразвук.

Рідини, з яких одержують емульсії, нерозчинні одна в одній і відрізняються своїми властивостями. Однією з рідин є вода, іншою – нерозчинна у воді рідина, звичайно це масло. В залежності від полярності фаз розрізняють 2 типи емульсій: 1/ **прямі**, які складаються з полярного дисперсійного середовища (води) і неполярної дисперсійної фази (масла), м/в і 2/ **зворотні**, які мають неполярне дисперсійне середовище (масло) і полярну дисперсну фазу (вода), в/м.

В залежності від концентрації дисперсної фази емульсії розділяють на три групи: 1/ **розбавлені** – з концентрацією дисперсної фази не більше 0,1 % від об'єму емульсії; 2/ **концентровані** – з концентрацією дисперсної фази від 0,1 до 74 % об'єму; 3/ **висококонцентровані** – з вмістом дисперсної фази вище 74 % по об'єму. Від концентрації дисперсної фази залежать всі основні властивості емульсії, в першу чергу її стійкість і методи її стабілізації. **При концентрації понад 90 %, емульсії набувають властивості гелів**, тому їх називають желатиновими. Вони не мають текучості не здатні до седиментації.

Висококонцентровані емульсії, в яких досягнута **максимально можлива концентрація** дисперсної фази, **називають граничними або гранично концентрованими**. Емульсії – нестійкі системи, що пов'язано з самоплинному злитті крапельок дисперсної фази – коалесценції, що приводить до руйнування емульсії і розділення її на 2 шари. Стійкість емульсії може додати тільки третій компонент – стабілізатор або емульгатор.

**Емульгатори** – це розчинні поверхнево активні речовини (ПАР) і високомолекулярні речовини (ВМР) або нерозчинні порошкоподібні речовини, додання яких до емульсії робить їх стійкими.

Емульгатор адсорбується на межі розділення фаз масло-вода і знижує міжфазний поверхневий натяг, а також концентруючись на поверхні крапельок дисперсної фази, емульгатор утворює механічно міцний шар (плівку), який перешкоджає їх злиттю дисперсної фази.

Емульгатори, які розчинні у воді, сприяють утворенню прямих емульсій, а розчинні у неполярних рідинах, тобто маслі, дають зворотні емульсії.

До емульсій відноситься молоко, вершки, вершкове масло, сметана, майонез. Жири краще засвоюються у емульсованому стані. При виробництві маргарину, в нього в якості емульгатора додають органічні сполуки з класу складних ефірів, молекули яких складаються з полярної (гідрофільної) частини і неполярної (ліофільної або гідрофобної).

## **5.2 Харчові суспензії, їх утворення та властивості**

**Суспензії** представляють собою дисперсні системи з твердою дисперсною фазою і рідким дисперсійним середовищем з розмірами часточок вище, ніж у колоїдних системах, тобто у діапазоні  $10^{-6}$  –  $10^{-4}$ . До них відносяться фруктові і овочеві пасти, помадні цукеркові маси, терте какао та ін.

Способи отримання і стабілізації суспензій багато в чому схожі з подібними для колоїдних розчинів – золів. **Різка відмінність суспензій від колоїдів проявляється в молекулярно-кінетичних і оптичних властивостях.** Явища дифузії і осмосу не властиві суспензіям. **Проходження світла через суспензії не викликає опалесценції, тому що світлові проміні не розсіюються, а заломлюються і відбиваються частинками суспензії.**

Седиментаційна стійкість суспензії дуже мала внаслідок великих розмірів часточок. У суспензіях тверді часточки можуть знаходитися у завислому стані нетривалий час, потім вони осідають під силами тяжіння. Процесам агрегації частинок у суспензіях сприяють сили притягнення і утримування різної природи – гідрофобні, сили Ван-дер-Ваальса, електростатичні сили зв'язування часточок макромолекулами та ін.

**Стабілізацію суспензії можна проводити полімерами. При цьому уповільнюється седиментація, оскільки підвищується в'язкість дисперсійного середовища.**

Підвищення концентрації дисперсної фази до максимально можливих призводить до утворення паст, які стійкі до седиментації в присутності стабілізаторів. У харчовій промисловості суспензії утворюються при одержанні крохмалю, при осадженні осадів у виробництві цукру, пива, вина, у кондитерській промисловості і ін.

### **5.3. Піни та піноподібні структури харчових продуктів**

**Піни** – висококонцентровані дисперсні системи, у яких дисперсійне середовище – рідина, а дисперсна фаза – газ. Пухирці газу в пінах мають форму багатогранників, які відділені один від одного дуже тонкими шарами дисперсійного середовища. Для одержання пін застосовують інтенсивне струшування або перемішування рідини.

Стійку піну можна отримати тільки в присутності стабілізатора – піноутворювача. Ці умови виникають тому, що молекули поверхневого шару рідини на відміну від молекул, що знаходяться у глибині, піддаються неоднаковому тяжінню молекул рідини і газу. **Кожна молекула усередині рідини** з усіх боків притягується сусідніми молекулами, які розташовані на відстані радіуса сфери дії міжмолекулярних сил. В результаті сили тяжіння компенсуються і рівнодіюча цих сил дорівнює нулю.

**У молекул поверхневого шару** частина сфери, на яку діють міжмолекулярні сили, знаходиться у газовій фазі, щільність якої менше щільності рідини, тому рівнодіюча всіх сил тяжіння буде спрямована усередину рідини перпендикулярно до її поверхні. Наслідком цього є те, що поверхневі молекули рідини завжди знаходяться під дією сили, яка прагне втягнути їх усередину і призводить до того, що поверхня рідини завжди прагне скоротитися і зайняти мінімальну площу.

При збільшенні поверхні деяке число молекул із глибини рідини переходить на поверхню. Процес переносу молекул з рівноважного стану в особливий стан молекул поверхневого шару вимагає витрати зовнішньої роботи. **Робота із збільшення площі поверхні рідини переходить у потенційну енергію молекул поверхневого шару – поверхневу енергію. Поверхнева енергія віднесена до одиниці поверхні, називається поверхневим натягом.**

**Піноутворюючі речовини зменшують поверхневий натяг, полегшують процес утворення піни і додають їй стабільності, тому що вони адсорбуються на межі фаз вода-повітря і утворюють високов'язку структуровану плівку, що перешкоджає стіканню рідини.** У цьому випадку товщина шару рідини між пухирцями повітря зменшується повільно і піна може існувати тривалий час. Таким чином, утворення піни відбувається при продуванні газу через рідину. Сутність процесу піноутворення у тому, що пухирці газу, які оточені адсорбованим шаром молекул ПАВ, підіймаються до поверхні рідини і стикаються з плівкою. Якщо поверхнева плівка міцна, то пухирці накопичуються на поверхні.

В якості піноутворювачів використовуються різні ПАР – білки, жирні кислоти, спирти, мила та ін. Піни з цими ПАР мають високу стійкість, тому що на поверхнях поділу утворюються желеподібні плівки. До природних ПАР відносяться – яєчний білок, фосфоліпіди, гідролізати молочного білка, мильний корінь, смоли, віск та ін., до синтетичних ПАР, які використовуються у хлібопекарному, макаронному і маргариновому виробництвах відносяться Твіни. Фосфатидні концентрати найбільш широко використовують при виробництві хліба і хлібобулочних виробів, шоколаду, борошняних кондитерських виробів, маргаринової продукції. Моногліцериди дозволяють суттєво уповільнювати процес черствіння хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів. Піноутворювачі використовують при виробництві зефіру, пастили, збивних мас, начинок, східних ласощів, халви та ін.

## **6. Хімічні процеси**

### **6.1 Гідрогенізація та переетерифікація жирів**

**Гідрогенізація** – процес насичення за допомогою каталізаторів воднем ненасичених жирних кислот, які входять до складу рідких рослинних жирів, і перетворення їх у тверді жири. Гідрогенізовані жири широко використовуються у харчовій промисловості для отримання маргарину. **До подвійних зв'язків жирних кислот можуть приєднуватись кисень, бром, йод та інші прості і складні елементи.**

Для виробництва таких продуктів, як маргарин, кондитерські і кулінарні жири, стеарин, технологічні мастила різного призначення, необхідні пластичні, високоплавкі і тверді при кімнатній температурі жири. Їх отримують з рідких рослинних жирів шляхом гідрогенізації в присутності нікелевого каталізатора на кізельгурі. **В першу чергу відбувається гідрування жирних кислот, які містять більшу кількість подвійних зв'язків, а при рівній не насиченості – жирні кислоти, які утримують менше число атомів вуглецю.**

Гідрування жирів супроводжується процесом пере етерифікації, тобто обміном радикалів, а також приводить до зниження вмісту в суміші вітамінів А і D, але практично не впливає на вміст вітаміну Е. З підвищенням температури гідрування, вологості водню, збільшенням тривалості процесу, зростає вміст у гідрованому жирі вільних жирних кислот і продуктів їхньої взаємодії з каталізатором. Відбувається ріст кислотних чисел жиру.

Пере етерифікація – один з основних методів модифікації молекулярного (триацилгліцеринового) складу жирової сировини. При етерифікації відбувається перерозподіл ацильних груп у триацилгліцеринових жиру або олії. Зміни взаємного положення ацильних груп можуть відбуватися в результаті переміщення арилів усередині триацилгліцерину або при обміні ацильних груп між триацилгліцериновими. При пере етерифікації склад жирних кислот жиру не змінюється, відбувається їхній статистичний перерозподіл у суміші триацилгліцеринів, що призводить до зміни фізико-хімічних властивостей жирових сумішей у результаті зміни молекулярного складу. Переетерифікація високоплавких тваринних і рослинних жирів з рідкими рослинними оліями дозволяє одержати харчові жири з високим вмістом лінолевої кислоти.



## **6.2 Гідролітичні процеси**

**Гідролітичні процеси** – процеси гідролізу складних речовин за участю води і ферментів до простих речовин, які впливають на смак (наприклад, гідроліз крохмалю до простих цукрів призводить до появи солодкого смаку) або на консистенцію (наприклад, гідроліз протопектину плодів і овочів призводить до їх розм'якшення). Крім того, покращується засвоюваність харчових продуктів.

При гідролізі крохмаль за участю амілаз розпадається до декстринів, а потім до мальтози і глюкози; сахароза, лактоза і мальтоза, під дією сахараз, – до моноцукрів; білки, під дією протеаз, – до протеїнів і амінокислот; жири, під дією ліпаз – до жирних кислот і гліцерину; протопектину, під дією протопектинази, – до пектину та ін.

Сахароза при нагріванні з кислотами або під дією ферменту інвертази гідролізується з утворенням інвертного цукру, який складається з суміші глюкози і фруктози. Використання інвертного цукру при виготовленні концентрованої солодкої продукції – джему, желе, повидла, конфітюру, варення, запобігає її зацукрюванню.

Гідролітичні процеси характерні для тваринних жирів, які являють собою складні суміші, головним компонентом яких є гліцериди, переважно – тригліцериди. Вони здатні до взаємодії з водою, в результаті чого відбувається розщеплення ефірних зв'язків. Реакція гідролізу відбувається ступінчасто – спочатку відщеплюється один радикал жирної кислоти, з утворенням дигліцериду, потім другий – з утворенням моно гліцериду, потім третій – з утворенням гліцерину і жирних кислот.

При гідролізі фосфоліпідів, поряд з вказаними речовинами, утворюється фосфорна кислота і аміноспирт. Швидкість гідролітичного розпаду зростає при підвищенні температури.

Гідролітичні процеси протікають в харчових продуктах в присутності гідролаз. Вони можуть справляти позитивний і негативний вплив на якість продуктів. На початку зберігання плодів та овочів відбувається гідроліз крохмалю в цукри, із протопектину утворюється пектин, що призводить до покращення смаку і консистенції продукту. До кінця зберігання при повному гідролізі протопектину плоди стають м'якими. При зберіганні продуктів багатих на білки, відбувається гідроліз білків до амінокислот.

### **1. Біохімічні та мікробіологічні основи харчових виробництв**

#### **1.1 Сутність біохімічних процесів, їх особливості і класифікація**

В продовольчій сировині під час транспортування, зберігання і переробки дуже поширені біохімічні та мікробіологічні процеси. Вони можуть мати як самоплинний перебіг, так і виконуватись цілеспрямовано з певною технологічною метою.

**Біохімічними називають процеси**, що ініціюються ферментами самої сировини або внесеними у вигляді індивідуальних чи комплексних ферментних препаратів. На відміну від них **мікробіологічні процеси** ініціюються

ферментами живих мікроорганізмів, які знаходяться в сировині або додаються під час її технологічної переробки.

**Ферменти** – це специфічні білкові речовини, які синтезуються в живих клітинах рослин, тварин або мікроорганізмів і регулюють перебіг всіх важливих процесів організму. В клітинах тканини вони локалізовані на внутрішніх мембранах і в органелах – мітохондріях, рибосомах, ядрі, лізосомах. В живих неушкоджених клітинах дія окремих ферментів і ферментних груп чітко впорядкована, скоригована і спрямовується керуючими системами – нервовою, або гормональною. Як і звичайні неорганічні каталізатори, ферменти в живих клітинах прискорюють реакції в обох напрямках – прямому і зворотному. При пошкодженні клітин, відбувається звільнення ферментів і вони виходять у цитоплазму або на межі клітини, де їх дія стає неконтрольованою. В цьому випадку вони каналізують переважно реакції розпаду або дезінтеграції.

**Відмінністю ферментативних реакцій є те, що вони завжди багатоступеневі, мають багато проміжних стадій, але протікають з надзвичайно великими швидкостями – при атмосферному тиску, при низьких температурах і концентраціях.** Це відбувається тому, що ферменти суттєво знижують енергію активації процесу, спрямовуючи його по енергетично вигідному шляху. **Швидкість перебігу ферментативних процесів залежить від природи і концентрації компонентів, рН середовища, наявності активаторів і інгібіторів.**

**Каталітична дія або активність ферментів значною мірою залежить від походження ферментів, ступені їх очищення.** Чим вище ступінь очищення, тим активніший фермент. Концентрація ферменту значна нижча за концентрацію субстрату. **На швидкість біохімічних процесів впливають природа і стан субстрату, що пояснюється ступенем доступності зв'язків субстрату дії ферменту.** Наприклад, крохмаль, отриманий з різної сировини – картоплі, пшениці, кукурудзи, навіть з різних сортів однієї культури, атакуються ферментом по-різному. Чим пухкіша структура молекули субстрату і ближче до поверхні молекули зв'язки, тим вище атакуємість ферментом і навпаки. Ця залежність широко використовується в харчових технологіях. У пивоварінні, спиртовій, крохмалепаточній промисловості крохмалевмісну сировину перед проведенням гідролізу піддають попередній термічній обробці для клейстеризації крохмалю. Клейстеризований крохмаль швидше і повніше гідролізується, ніж нативний. Теж саме відноситься і до білків. Якщо вони попередньо денатуровані або пройшли попередню обробку для руйнування третинної і вторинної структури, то краще атакуються протеолітичними ферментами. **Для кращої атакованості ферментами субстрату, крім теплової обробки, використовують механічну обробку, зміну рН середовища, зволоження та ін.** На відміну від хімічних реакцій, швидкість ферментативних реакцій залежить від температури і рН середовища. Наприклад, ферменти шлунково-кишкового тракту людини і тварин мають температурний оптимум їх дії 35-40 °С, а рослинні – до 70 °С. Пепсин шлункового соку має найвищу активність при рН 1,8-2,2, трипсин – при 7,5-8,0, а лужна фосфатаза – при 8,5-9,0.

**Ферменти, як і неорганічні каталізатори, змінюють свою активність в присутності деяких речовин, які можуть підвищувати каталітичну дію ферменту – активатори, або знижувати їх активність – інгібітори.** В ролі активаторів можуть бути іони металів, вітаміни, кислоти та ін. **Інгібіторами** являються усі денатуруючі фактори – іони важких металів, комплексоутворюючі сполуки, а також специфічні для кожного ферменту речовини, які блокують його активний центр шляхом хімічної взаємодії.

В харчових технологіях біохімічні процеси класифікують **за ознакою типу ферментативної реакції:** процеси окислення, відновлення, гідролізу, переносу, синтезу. Але в харчовій сировині і продуктах досить часто біохімічні процеси різних типів протікають одночасно, а тому їх **поділяють за ознакою наслідків перебігу** – процеси дихання, автолізу, дозрівання, проростання, відмирання тощо. В залежності **від способу ініціювання** процесу їх поділяють на **самоплинні**, коли процеси ініціюються ферментами самої сировини, і **індуктивні**, коли процеси ініціюються ферментами, що додаються в ході технологічного процесу для досягнення певної мети. **Самоплинні процеси переважно мають місце під час вирощування, транспортування, зберігання сировини.** Підчас переробки сировини такі процеси не бажані, тому що призводять до непередбачених наслідків – зниженню технологічних та споживчих властивостей, якості та стійкості сировини.

### **1.2. Будова, властивості та джерела здобування ферментів**

Ферменти, які мають у своєму складі тільки білкову частину, називають **простими** або однокомпонентними. Якщо крім білка до складу ферменту входять небілкові сполуки, такі ферменти називають **складними** або двокомпонентними. Переважна більшість ферментів рослинної сировини є складними. **Білкова складова ферменту називається апоферментом, небілкова – коферментом або простетичною групою.** Коферментами можуть бути вітаміни, іони металів, деякі кислоти, похідні вуглеводів, гем та ін. Апофермент і простетична група взяті окремо не виявляють ферментативної активності.

**Властивості ферментів як білків.** Під впливом денатуруючих факторів – температура, солі важких металів, дія кислот і лугів, іонізуюче випромінювання тощо, вони можуть змінювати свою просторову структуру і втрачають свою каталітичну активність. Їх молекули несуть електричний заряд, тому в постійному електричному полі вони мають електрофоретичну рухомість. При взаємодії з кислотами і лугами виявляють амфотерні властивості. Вони можуть гідролізовуватись, окислюватись, вступати в реакції меланоїдиноутворення та ін.

### **Специфічні властивості ферментів:**

1/ **ферменти мають високу каталітичну активність** у порівнянні з неорганічними каталізаторами. Наприклад, 1 мг заліза в складі каталази розщеплює таку ж кількість перекису водню, як 10 т заліза в неорганічному каталізі;

2/ **ферменти виявляють вибіркочну (селективну) каталітичну дію,** тобто проявляють каталітичну дію до певного субстрату. Розрізняють три види

селективності – відносну а бо групову, абсолютну та стереохімічну. Ферменти з відносною або селективною дією можуть каталізувати перетворення певної групи речовин, близьких за складом і структурою. Наприклад, пепсин розщепляє білки молока, м'яса, хліба. При абсолютній селективності фермент прискорює перетворення тільки однієї речовини, Наприклад, фермент  $\beta$ -фруктофуранозідаза розщеплює сахарозу на глюкозу і фруктозу і не діє на лактозу та мальтозу. Ферменти зі стереохімічною селективністю можуть каталізувати перетворення тільки певного стереоізомера речовини. Наприклад,  $\alpha$ -глюкозидаза прискорює реакції тільки  $\alpha$ -глюкози, а  $\beta$ -глюкозидаза –  $\beta$ -глюкози;

3/ **ферменти володіють надзвичайною лабільністю**, тобто їх каталітичні дії залежать від умов середовища – температури, рН, концентрації, присутності активаторів або інгібіторів тощо.

**За типом реакції ферменти поділяють на 6 класів:**

1/ **оксидоредуктази** – каналізують окислювально-відновні реакції субстратів;

2/ **гідролази** – розщеплюють молекули субстрату у водному середовищі з приєднанням до продуктів реакції іонів водню та гідроксилу;

3/ **ліази** – ферменти, що здійснюють не гідролітичне розщеплення субстрату або відщеплення від субстрату певних груп атомів;

4/ **трансферази** – ферменти, які каналізують реакції переносу певних груп (аміногруп, моносахаридів, залишків фосфорної кислоти, металних груп тощо);

5/ **ізомерази** – каналізують перетворення одних ізомерних форм речовини в інші;

6/ **лігази** – синтезуючі ферменти, які прискорюють сполучення молекул субстрата з утворенням ковалентних зв'язків між атомами вуглецю, а також між вуглецем та іншими елементами – киснем, азотом, сіркою.

Ферменти синтезуються в клітинах рослин, тварин, мікроорганізмів. У живих тканинах вони знаходяться у зв'язаному вигляді. Перед виконанням своєї каталітичної функції вони активуються, тобто переходять у вільний стан, або модифікуються. З підшлункової залози **тварин** отримують трипсин, хімотрипсин і колагеназу, із слизової оболонки шлунків свиней – пепсин і ліпазу; із сичугів ягнят – ренин. З рослинної сировини отримують папаїн – з листя папайї, фіцин – з листя інжиру, бромелін і бромелаїн – з листя ананасів, амілази – з солоду, тобто пророщеного зерна, тощо. Велику кількість ферментів отримують з мікроорганізмів – дріжджів, бактерій та мікроскопічних грибів. Назва ферментів містить інформацію про спосіб культивування продуценту та ступінь очищення. Наприклад, при поверхневому способі культивування після назви ферменту ставиться літера «П», а при глибинному «Г». Якщо фермент тільки концентрували без додаткового очищення, то після літери ставиться позначка «х». Концентрат препарату, з якого видалена нерозчинна фаза, має позначку «2х», якщо його висушили – «3х». Препарати, які пройшли стадію очищення і фракціонування, позначаються «10х» та «15х», а очищені і висушені – «20х» та «30х».

До недавнього часу технологічне застосування ферментів було економічно недоцільним, тому індивідуальні або комплексні препарати ферментів мали високу вартість і використовувались одноразово.

З метою їх багаторазового використання, ферменти почали фіксувати на поверхні водонерозчинних носіїв неорганічного або органічного походження. Такі ферменти називаються **імобілізованими**, а процес закріплення ферменту – **імобілізацією**.

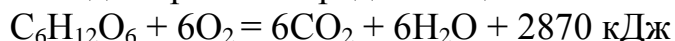
Імобілізацію ферментів проводили **на поверхні неорганічних адсорбентів** – оксидів та гідроксидів алюмінію, титану, цирконію, заліза; обпаленої кераміки, пористого скла, силікагелю та ін.

На зміну адсорбційним способам імобілізації ферментів шляхом їх **включення в структуру драглів і полімерів** – альгінати, желатин, агар-агар, каррагінан та ін.

### **1.3. Біохімічні процеси, що відбуваються в сировині і готовій продукції**

У продовольчій сировині і харчових продуктах частіше мають місце окислювально-відновні та гідролітичні біохімічні процеси. Перші ініціюються оксидоредуктазами, а другі гідролазами. Клас оксидоредуктаз налічує близько 300 видів ферментів. **В залежності від механізму перебігу реакції**, оксидоредуктази поділяються на **підкласи**, з яких найбільш поширеними є **цитохроми, оксидази, дегідрогенази, пероксидази і каталази**.

**Дихання** – окислювально-відновний процес, який регулюється цитохромами, тобто ферментами дихання. Він притаманний всім видам рослинної сировини і є продовженням фізіологічних процесів вирощування і зберігання. Субстратом дихання є переважно моносахариди. Розрізняють два види дихання – аеробне і анаеробне. Енергетично більш вигідним є аеробне дихання, тому що вихід енергії на порядок вищий



При анаеробному диханні утворюються етиловий спирт, ацетальдегід, оцтова кислота, вищі спирти, леткі та інші сполуки. Накопичення в тканинах цих сполук призводить до порушення нормальних фізіологічних процесів і, як наслідок, до захворювань і відмирання клітин і тканин організму. На перебіг процесу дихання впливають такі фактори, як вид сировини, стан стиглості, температура і вологість, газовий склад середовища, ступінь пошкодження та ін. Про характер і інтенсивність процесу судять по величині коефіцієнту дихання (КД). Він показує відношення обсягу виділеного при диханні діоксиду вуглецю до обсягу витраченого кисню. Якщо субстратом слугують гексози, то КД=1, якщо органічні кислоти – КД > 1, у випадку білків і жирів КД < 1. Величина коефіцієнту дихання змінюється також під впливом супутніх процесів – дозрівання, проростання, самозігрівання, гниття тощо.

Анаеробне дихання – не бажаний процес, тому що призводить до витрат поживних речовин, тому харчова і біологічна цінність сировини знижується. Крім того, що виділяється при диханні, призводить до псування і

самозігрівання сировини. Для запобігання анаеробному диханню, сировини зберігають при доступі кисню, а для зниження інтенсивності дихання і відведення теплоти, застосовують охолодження і активне вентилування. Ці заходи широко використовуються при зберіганні зерна, плодів, овочів, картоплі та інших видів рослинної сировини. Для тривалого зберігання, крім охолодження, використовують також регульоване або модифіковане газове середовище, але для цього необхідно постійно вести спостереження за станом сировини, параметрами середовища, термінами зберігання

**Ферментативне побуріння** – також є окислювально-відновним біохімічним процесом, який має місце при зберіганні та переробці певних видів рослинної сировини. Плоди, овочі і ягоди. Які зазнають механічних ушкоджень змінюють свій природний колір на бурі та коричневі тони. Зміна забарвлення пояснюється тим, що в ушкоджених рослинних клітинах відбувається делокалізація ферментів та їх неконтрольована дія. Найбільший внесок у процес побуріння робить **фермент поліфенолоксидаза**. За участю кисню повітря зовнішнього повітря, або того, що знаходиться у міжклітинному просторі, вона окислює феноли тканини, катехіни, фенольні кислоти, ароматичні спирти до хінонів. Останні вступають у взаємодію з амінами, вільними амінокислотами, білками або між собою, шляхом полімеризації та поліконденсації, внаслідок чого утворюються сполуки з темним забарвленням. Їх склад та інтенсивність забарвлення залежить від виду субстрату, ступеню окислення і полімеризації, а тому не є стабільним. Так, **при окисленні фенолів та дубильних речовин**, утворюються флавофени, які мають коричневий колір від світлих до темних тонів. **При окисленні амінокислоти тирозину** в столовому буряку або картоплі, утворюються меланіни – сполуки чорного кольору. Окислення дубильних речовин чайного листа і какао-бобів змінює їх забарвлення від зеленого до коричневого різних відтінків.

**На перебіг ферментативного побуріння впливають** такі фактори, як температура, наявність кисню. Іонів важких металів, особливо заліза і міді, редуруючих речовин, окислювально-відновних ферментів, пряме сонячне опромінення. Ферментативне побуріння відбувається досить швидко і знижує якість сировини або робить її непридатною для виготовлення стандартної продукції. Для попередження побуріння використовують різні технологічні заходи – бланшування або сульфитацію сировини, обробку її розчинами кислот або солі, доданням антиоксидантів.

**Бланшування** полягає у короткочасному нагріванні сировини до температури достатньої для інактивації ферментів – не нижче 65 °С.

**Сульфитація**, як запобіжний захід побурінню, використовується тоді, коли сировина, проміжний або кінцевий продукт потребує тривалого зберігання. Сірчистий ангідрид SO<sub>2</sub>, або сірчиста кислота H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. попереджає побуріння, тому що блокує активний центр ферменту, перехоплює кисень та радикали, тобто діє як інгібітор і антиоксидант одночасно.

**Дія розчині органічних кислот** – молочної, лимонної, винної, бензойної, – хлориди, броміди, флориди, полягає у тому, що вони змінюють рН і активний центр поліфенолоксидази, в якому міститься іон міді. В якості антиоксидантів

можуть використовуватися розчини аскорбінової кислоти, цистину та метіонину.

**Процес окислення тирозину поліфенолоксидазою** має місце у хлібопеченні та макаронному виробництві. Житнє борошно, а також борошно з пророслої та морозобійної пшениці мають вільний тирозин і фермент в активному стані. При підвищених температурах утворюються меланіни, внаслідок чого хліб і макаронні вироби набувають темного кольору.

**Біохімічний процес окислення аскорбінової кислоти** в продуктах рослинного походження відбуваються під час їх виробництва і зберігання. Під дією аскорбіноксидази в присутності кисню аскорбінова кислота легко окислюється до дегідроаскорбінової кислоти. Цей процес активізується при підвищенні температури, при наявності кисню, іонів металів змінної валентності, редуруючих речовин, при освітленні, особливо ультрафіолетовому. Для запобігання руйнації вітаміну С використовують бланшування, сульфитацію або введення антиоксидантів.

У сировині і харчових продуктах тваринного походження також мають місце біохімічні процеси окислення під дією ферменту ліпоксигенази. Особливо вони поширені в жиромісних продуктах – м'ясі, тваринних жирах, рибі та продуктах її переробки. Ліпоксигіназа в присутності кисню спочатку окислює нестійкі ненасичені жирні кислоти – лінолеву, ліноленову та олеїнову. Продукти їх окислення – пероксиди є нестійкими сполуками і розщеплюються на пероксидні радикали, які дуже активні і легко окислюють інші компоненти жирової тканини – насичені і ненасичені жирні кислоти, жиророзчинні вітаміни, каротиноїди і навіть деякі амінокислоти, що входять до складу білків. Кінцевими продуктами окислення жирів є низькомолекулярні карбонільні сполуки – акролеїн та інші альдегіди, кетони, нижчі кислоти – масляна, капронова. Ці сполуки мають різкий гіркий смак та прогірклий запах. **На практиці такий процес називається прогорканням.** Подібні процеси окислення жирів відбуваються також в борошні, крупах, особливо вівсяній та пшоні, горіхах, олії та ін. **Для запобігання прогорканню запропоновано методи, які ґрунтуються на різних принципах – витіснення або поглинання кисню, створення несприятливих умов для дії ферментів, введення в продукт інгібіторів або антиоксидантів.** Найчастіше використовують антиоксиданти – природні або штучні сполуки, які мають здатні дуже швидко окислюватися і перехоплювати кисень, попереджаючи таким чином окислення жирів. **В якості природних антиоксидантів використовують токофероли (вітамін Е), фосфоліпіди, каротиноїди, з штучних набули поширення – аскорбінова та ізоаскорбінова кислоти, бутілгідрооксианізол, бутілгідрокситолуол та ін.**

**Клас гідролаз налічує понад 200 ферментів**, які за типом зв'язків, що розщеплюються, поділяють на 9 підкласів. Активний центр гідролаз містить атоми цинку, кальцію, магнію, кобальту або марганцю. Гідролітичні процеси мають місце при зберіганні продовольчої сировини і харчових продуктів, а також широко використовуються у різних технологіях. Під дією гідролаз відбуваються деструктивні зміни всіх оліго- та полімерних сполук –

**вуглеводів, жирів, білків, пектинів, дубильних речовин, нуклеїнові кислот тощо.**

У виробництвах, які займаються переробкою рослинної сировини – плодів, овочів, зерна, найбільше значення мають амілолітичні, пектолітичні та целюлолітичні ферменти. Ферменти  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілази розщеплюють крохмаль. В залежності від виду крохмалевмісної сировини, ці ферменти мають різне співвідношення і активність, тому гідроліз може проходити різними шляхами. Так,  $\alpha$ -амілаза розщеплює крохмаль до низькомолекулярних декстринів – мальтодекстринів,  $\beta$ -амілази розщеплюють крохмаль переважно до мальтози і високомолекулярних декстринів – аміло-, еритро- та ахродекстринів. Глюкоамілаза гідролізує крохмаль до глюкози. У вихідній сировині частіше міститься  $\beta$ -амілаза, а при пророщуванні зерна вміст і активність  $\alpha$ -амілази різко зростає. Реакція гідролізу крохмалю є важливим технологічним процесом у пивоварінні, хлібопiкарному, спиртовому, дріжджовому, крохмалепаточному виробництвах. В цих технологічних процесах використовуються солодові амілази або комплексні амілолітичні ферментні препарати, які отримані з мікроорганізмів – дріжджів, пліснявих грибів, бактерій, або їх комбінації.

При зберіганні картоплі при низьких температурах, від 2 до (-1) °C відбувається процес гідролізу крохмалю. Тому при зниженні температури в бульбах накопичується мальтоза і глюкоза. Які надають картоплі солодкого смаку. Цей процес зворотній. З підвищенням температури цукри витрачаються на синтез крохмалю і солодкий смак зникає.

При зберіганні плодів і овочів, які не мають у своєму складі крохмалю, розщеплюються інші речовини – інулін, глікоген, геміцелюлоза, олігосахариди, пектинові речовини, змінюються їх консистенція і смак.

**Велика роль у переробці плодів і овочів належить пектолітичним та целюлолітичним ферментам.** До пектолітичних ферментів відносяться – протопектиназа, пектинметилесфераза, пектинліаза, поліметилгалактуроназа і полігалактуроназа. На стадії достигання, під дією протопектинази відбувається гідроліз протопектину до водорозчинного пектину. Плоди стають більш м'якими і соковитими. Пектин має високу водоутримуючу у драгле утворюючу здатність. Під дією пектинметилесферази, пектин поступово втрачає меток сильні групи, перетворюючись спочатку у пектинову, а потім у пектову кислоту. З втратою меток сильних груп знижується водо утримуюча і драгле утворююча здатність. Пектова гідролізується полігалактуроназою до низькомолекулярних сполук. Перестиглі плоди мають м'яку, розсипчасту консистенцію, втрачають соковитість і здатність утворювати драгли. Пектинові речовини, які містяться в рослинних клітинах і володіють високою водоутримуючою здатністю, заважають повному видаленню соку з рослинної сировини, а також надають сокам підвищену мутність. Тому при виробництві соків і вин використовують пектолітичні ферменти, які отримують переважно з пліснявих грибів – пектаваморин, пектофоетидин, пектоклотридин. Їх застосування дозволяє підвищити соковіддачу на 5-25 %, прискорити фільтрування і освітлення, отримати освітлені соки з слив, айви, хурми,



обліпихи та інших видів сировини, з яких традиційними способами неможливо вилучити такі соки.

Для збільшення виходу соку з плодовоовочевих культур разом з пектолітичними застосовують **ферменти целюлелітичної дії**. Вони частково руйнують оболонку клітин, підвищують її проникність, внаслідок чого поліпшується пресування і зростає соковіддача сировини. З цією метою застосовують комплексні ферментні препарати – целобранін, целофторін, целофоетидин, целоверидин, целюлоза та ін.

При переробці зерна і тваринної сировини важливу роль відіграють **протеолітичні і ліполітичні ферменти**, які також відносяться до класу гідролаз. Протеолітичні ферменти – протеїнази і пептидази, гідролізують білки і поліпептиди до оліго-, дипептидів і амінокислот. На початку стадії гідролізу зростає водо утримуюча здатність білків, що впливає на консистенцію сировини і готової продукції. При глибокому розпаді білків зростає вміст азотистих екстрактивних речовин – дипептидів і амінокислот, які беруть участь у формуванні смакових та ароматичних властивостей. У м'ясі тварин, птиці та риби містяться м'язові протеїнази, які обумовлюють після забійні біохімічні зміни – одубіння, дозрівання, автоліз. До цієї групи ферментів відносяться катепсіни А, В, С, Д, колаген аза та еластаза., але вони малоактивні. Тому з технологічною метою використовують більш активні ферменти, які отримують з рослинної сировини – папаїн, фіцин, бромелін, або ендокринних залоз тварин – трипсин, химотрипсин, ренин. Найбільшу протеолітичну активність мають мікробні ферментні препарати – амілопротеоризин, амілооризин, протосубтилін та ін. Їх використовують у молокопереробному, сироробному, ковбасному, пивоваренному, харчоконцентратному виробництвах. Це прискорює процеси дозрівання, поліпшуються смакові та ароматичні властивості продукції, більш раціонально використовується сировина. Протеолітичні ферменти також широко використовуються при виробництві білкових гідролізатів, кормових та технічних білкових продуктів. У зернопереробці протеолітичні ферменти обумовлюють технологічні властивості борошна та крупи. Від їх активності залежить водо-, газо- та формоутримуюча здатність пшеничного борошна. А потім – якість хліба і макаронних виробів. Чим вище активність, тим глибше проходить гідроліз, тим слабкішим стає тісто, а хліб має погану шпаруватість і не набуває належної форми. У звичайному зерні пшениці активність протеїназ незначна, тому для посилення протеолізу, в тісто додають ферментні препарати – амілооризин, протооризин та ін., що суттєво поліпшує якість хліба, прискорює процес бродіння і дозрівання тіста та зменшує витрати дріжджів. У дефектному зерні – пророщеному, морозобійному, враженому клопом-черепашкою, активність протеїназ й інших ферментів значно вища, протеоліз відбувається значно скоріше, а тому якісні показники хліба низькі. Для їх підвищення таке зерно змішують з доброякісним або використовують поліпшувачі тіста, які гальмують протеоліз.

До ліполітичних ферментів продовольчої сировини відносяться **ліпази**. Вони каналізують гідроліз жирів та ліпоїдів на високомолекулярні жирні кислоти. Гліцерин та інші спирти. **Ліпаза і ліпоксигенази** завжди присутні в

жировмісній сировині і продуктах. Наслідком їх дії спочатку є зростання кислотності, а в подальшому – окислення та прогоркання продукту. Особливо такі процеси помітні в олії, товарних жирах, свинині, жирній яловичині і рибних продуктах. На перебіг гідролітичних процесів впливає багато факторів – природа субстрату і ферменту, ступінь очищення і активності ферменту, температура, вологість, освітленість та ін. Регулювання цих факторів можна управляти напрямом, швидкістю та глибиною ферментативних перетворень з метою отримання продукції певного призначення і якості.

#### **1.4. Використання біотехнології в харчових виробництвах**

Стародавніми технологіями є хлібопечення, виноробство, пивоваріння, виготовлення квасу, оцту, соління та квашення плодів, овочів, м'яса та риби, виробництво сирів та кисломолочних продуктів тощо. 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 властивостей продукції. Поряд з цим у розвитку біотехнології в теперішній час відслідковується три чіткі тенденції:

1/ розробка та впровадженням біотехнологій виробництва нових видів продукції – це мікробіологічний синтез ферментів і комплексних ферментних препаратів, антибіотиків, біостимуляторів, харчових добавок;

2/ використання біотехнології утилізації відходів харчових виробництв, побутових відходів, для очищення стічних вод та промислових викидів;

3/ засвоювання нехарчової сировини та утворення метаболітів, які придатні для використання в харчовій промисловості, – соломи, тирси, хвої, кори, бадилля, лушпиння, продукти переробки нафти, вугілля та природного газу.

Більшість традиційних та нових біотехнологій й засновані на використанні процесів бродіння, гідролізу та синтезу. Особливо широкого розповсюдження набули бродильні виробництва – етилового спирту, виноградних та плодово-ягідних вин, пивоваріння, хлібовипікання, молочнопереробне та ін. харчові виробництва, в основі яких лежить процес бродіння.

**Бродіння** – це біохімічне перетворення вуглеводів субстрату під дією ферментів мікроорганізмів, які культивуються на даному субстраті. В залежності від виду продукту і домінуючого метаболіту розрізняють – спиртове, молочнокисле, оцтовокисле, маслянокисле, лимоннокисле, ацетонобутилове та ін. види бродіння.

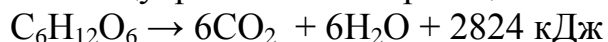
**Спиртове бродіння** ініціюється переважно дріжджовими грибами роду сахароміцетів. В різних виробництвах використовують різні види грибів. Оптимальна температура їх розмноження є інтервал 25-30 °С, діапазон рН від 2,5 до 4,5, хлібопекарські дріжджі – 4,5, спиртові – 3,5. При підвищенні температури, інтенсивність бродіння зростає, але ріст знижується. При

температурах вище 40 °С, дріжджі гинуть, при зниженні температури – бродіння уповільнюється, але не гинуть навіть при 2-3 °С.

Дріжджі є факультативними анаеробами, тобто вони можуть розвиватися як в присутності кисню (аеробний процес), так і при його відсутності (анаеробний процес). У спиртовому виробництві метою процесу бродіння є накопичення етилового спирту, для чого створюються умови анаеробного бродіння:



В присутності кисню дріжджі переходять на більш енергетично вигідний для них процес окислення цукрів за схемою реакції:



Спирт пригнічує розвиток дріжджів. В присутності кисню спиртове бродіння припиняється.

**Молочнокисле бродіння** – викликається молочнокислими бактеріями і стрептококами. Воно може збуджуватись як чистими культурами мікроорганізмів, так і природною молочнокислою мікрофлорою при сприятливих умовах розвитку. Чисті культури використовують в кисломолочному, сироробному, ковбасному виробництвах, а також при мікробіологічному синтезі молочної кислоти. В таких виробництвах як засолювання, квашення плодів і овочів частіше використовують природну мікрофлору. На перебіг процесу молочнокислого бродіння впливають різні фактори: вид та доступність субстрату, температура, рН, доступ кисню, наявність іншої, крім молочної, мікрофлори. Кращим субстратом є моносахариди. Проте молочнокисла мікрофлора легко гідролізує водорозчинні дисахариди до мономерів – глюкоза, фруктоза, галактоза, та засвоює їх. Зародження цукрів до молочної кислоти іде за схемою



Молочна кислота, що накопичується в кількості 1-2 %, має виражену бактеріальну дію, знижується рН середовища, що створює несприятливі умови для інших видів мікроорганізмів, крім молочнокислих. Молочнокисле бродіння має найбільшу інтенсивність в діапазоні рН 30-35 °С, але практично його проводять при більш низьких температурах – 20-25 °С і рН 3-4,5, тому що оптимальний діапазон є найкращим і для маслянокислої та гнильної мікрофлори.

**Оцтовокисле і лимоннокисле бродіння** проводять з метою отримання відповідних кислот, які є харчосмаковими добавками та консервантами і широко використовуються в харчових виробництвах.

**Пропіоновокисле, маслянокисле, оцетонобутілове** та ін. види бродіння є джерелом синтезу як харчових, так і технічних продуктів – пропіонової, масляної, ізомасляної, ітакової, глутарової, глутамінової та ін. кислот, ацетону, бутілового, ізоамілового спиртів тощо. В якості субстратів використовують різні види натуральної сировини, відходи виробництва або спеціальну сировину. Так, для оцтового бродіння переважно використовують ректифікований етиловий спирт, плодово-ягідні матеріали тощо. Субстратом лимоннокислого бродіння є м'яса – відходи цукрового виробництва, або

відходами нафтопереробки. Дозрівання, як біотехнологічний процес, переважно є складовою частиною технології виробництва деяких харчових продуктів. Такі стадії присутні в технологіях виробництва вина, пива, кисломолочних продуктів. Вони завершують технологічний процес і відбуваються при зберіганні цих продуктів. В деяких виробництвах – виготовленні сирів, сировкопчених ковбас, м'ясокопченостей, солоні, пряної риби, рибних пресервів – процес дозрівання є вирішальним етапом технології, в процесі якого відбувається формування основних якісних показників, тобто смак, колір, консистенція, структура та ін. При дозріванні вина під дією ферментів сировини в ньому відбуваються складні окислювально-відновні та гідролітичні процеси. При виробництві сирів стадія дозрівання обумовлена дією ферментів молока, сичужного ферменту, молочнокислої та ін. мікрофлори. Під їх впливом у сирній масі проходять процеси гідролізу білків, молочного жиру, молочнокисле та пропіоновокисле бродіння. В залежності від складу сировини, температурного режиму та ін. виробничих умов, ці процеси можуть протікати за різними механізмами і утворювати різні кінцеві продукти. Саме цим пояснюється така велика номенклатура сирної продукції.

**Тема: Теоретичні основи зберігання та консервування продовольчої сировини і продуктів**

**1.1. Продовольча сировина як об'єкт зберігання**

Зберігання продовольчої сировини і готової продукції є початковою і кінцевою стадіями кожного технологічного процесу у харчових виробництвах. Її необхідність обумовлена тим, що виробництво сировини і продукції носить сезонний характер, а споживання – протягом всього року. Збереження такої сировини як овочі, плоди, м'ясо, риба, зерно може тривати від кількох тижнів до кількох місяців, а в деяких випадках і років. Вважаючи на різноманітність видів сировини, її склад, властивості та обсяги, тривале зберігання становить значну технічну і технологічну проблему. **Для більшості видів сировини і готової продукції, технологія зберігання включає такі операції:**

1/ **підготовка сировини** або продукції до зберігання, що передбачає попереднє сортування, очищення, пакування, формування партій, штабелів або кагатів тощо;

2/ **підготовка складських приміщень та обладнання**, створення оптимальних умов зберігання;

3/ **систематичний контроль за станом об'єкту зберігання**, параметрами умов зберігання у сховищах, регулювання режимів відповідно до стану об'єктів;

4/ **захист об'єктів зберігання** від негативного впливу умов зберігання;

5/ **підготовка об'єктів** до переробки або реалізації.

Під час зберігання у сировині відбуваються зміни, які зумовлені їх властивостями та термінами зберігання. Ці зміни призводять до втрат маси і якості.

Втрати сировини обумовлені тим, що під час зберігання в сировині продовжуються фізіологічні процеси життєдіяльності – дихання, дозрівання, проростання тощо, які потребують витрат енергії. Необхідна енергія

постачається за рахунок окислення запасних енергетичних сполук – вуглеводів, жирів, органічних кислот, білків тощо. Їх зміст зменшується пропорційно інтенсивності процесів життєдіяльності та термінам зберігання. Ці витрати призводять до втрат маси, тобто природних витрат, та зниження якості – втрати харчової та біологічної цінності, втрати технологічних та споживчих властивостей.

Розмір цих втрат нормується. Ці норми встановлюються експериментально для кожного виду і сорту сировини, способу зберігання, сезону і терміну зберігання. Згідно з цими встановленими нормами проводиться списання нестач сировини з матеріально відповідальних осіб. Але досить часто, при невідповідності сировини кондиційним вимогам або при порушенні оптимальних умов зберігання, фактичні втрати маси сировини можуть перевищувати встановлені нормативи природних витрат. На такі позанормативні втрати складаються відповідні акти, в яких встановлюються фактичний розмір втрат та причини їх виникнення. В залежності від причин, ці втрати списуються або за рахунок підприємства, або за рахунок осіб, які винні у порушенні умов зберігання.

Під час зберігання знижуються і якісні характеристики сировини. Це проявляється у зниженні вмісту поживних речовин у сировині – білків, жирів, вуглеводів, вмісту біологічно активних речовин – вітамінів, полі фенолів, амінокислот та ін., погіршенні технологічних і споживчих властивостей сировини – механічна міцність, в'язкість, консистенція, водо утримуюча здатність, смак, аромат, зовнішній вигляд. Кількісні і якісні зміни тісно пов'язані між собою.

**Кількісні та якісні втрати сировини поділяють** – на механічні, фізико-хімічні, хімічні, біохімічні та біологічні.

**До механічних** відносяться втрати, які викликані умовами транспортування та зберігання за рахунок фізичних або механічних процесів – роздавлювання, розтріскування, розпилювання, витікання, розмазування, прилипання до тари тощо. **До фізико-хімічних** відносяться – випаровування вологи та набухання. **До хімічних** втрат якості відносяться – процеси окислення, гідролізу та ін. **До біологічних** втрат відносяться втрати, які викликаються мікроорганізмами або шкідниками, які вражають сировину під час зберігання. **До біохімічних** втрат відносяться втрати, які пов'язані з перебігом процесів дихання, гідролізу, проростання, дозрівання.

На здатність сировини до зберігання суттєво впливає вміст вологи. **Від вмісту вологи сировину умовно поділяють на три групи:**

1/ ***сировина з низькою вологістю*** – сіль, цукор, олія, сухі спеції та ін. Вологість цієї сировини менше 10 %;

2/ ***сировина з проміжною вологістю*** – зерно, борошно, макаронні вироби, крупи, горіхи, сушені плоди і овочі. Вміст вологи – від 10 до 40 %;

3/ ***сировина з високою вологістю*** – свіжі плоди і овочі, гриби, м'ясо, риба, молоко. Вміст вологи – більше 40 %.

Сировину першої і другої групи на практиці називають сухою сировиною. Майже вся волога, яка входить до її складу, а тому мікробіологічні і біохімічні

процеси протікають в ній дуже повільно. В оптимальних умовах така сировина може зберігатися без помітних змін тривалий час. Але для кожного з цих видів сировини існує певна межа вологості, тобто критична вологість, перевищення якої супроводжується різким зростанням інтенсивності мікробіологічних та біохімічних процесів. Тому при зберіганні такої сировини дуже важливо підтримувати оптимальні умови зберігання, які обов'язково вказуються в нормативній документації на цю сировину.

Сировина з високою вологістю, або соковита сировина, містить значну кількість води у вільному стані. Тому в ній активно відбуваються різні процеси, особливо мікробіологічні і біохімічні. Така сировина швидко псується і може зберігатися тільки в певних умовах у спеціальних сховищах, де постійно контролюються умови зберігання – температура, відносна вологість, а також стан самої сировини.

Вологість сировини тісно пов'язана з вологістю і температурою зберігання. При коливаннях цих параметрів у сховищах, сировина може віддавати, або поглинати вологу, і таким чином змінювати свою здатність до зберігання. Такі зміни вологості можуть бути зворотними і незворотними. Це залежить від виду сировини і умов зберігання. Суха сировина може зворотно змінювати вологість, а соковита сировина – ні. При зниженні вологості соковита сировина не тільки втрачає масу, але і стійкість при зберіганні. В сировині прискорюються біохімічні і мікробіологічні процеси і вона швидко псується. Головним завданням технології зберігання є запобігання або уповільнення процесів, які призводять до втрати маси і зниження якості сировини.

### **1.2. Процеси, що відбуваються при зберіганні сировини**

Для запобігання надмірних втрат сировини при зберіганні, необхідно створювати оптимальні умови, враховуючи особливості виду і сорту сировини, її хімічний склад, фізіологічний стан, ступінь ураження захворюваннями, шкідниками та мікроорганізмами. **Процеси, які відбуваються у продовольчій сировині, поділяються на** – фізичні, фізіологічні, фізіолого-біохімічні, анатоמו-морфологічні та мікробіологічні.

**До фізичних відносяться** – випаровування та конденсація вологи, зміни температури і теплообмін сировини з оточуючим середовищем, зміни структури та ін. фізичних властивостей. **Випаровування вологи** – це процес переходу води в пару та його дифузія в оточуюче середовище. Втрати вологи за рахунок випаровування можуть сягати від 50 до 90 %, відносно до початкового її вмісту.

Втрати вологи, навіть незначні 5-7 %, призводять до значних змін технологічних і споживчих характеристик сировини. Це пов'язано з тим, втрата вологи супроводжується збільшенням концентрації сухих речовин в цитоплазмі клітин, що викликає активізацію окислювальних і гідролітичних процесів. Так, випаровування вологи в плодах, ягодах, овочах, грибах призводить до їх в'янення, втрати тургору. Внаслідок цього активізується процес розкладу крохмалю, пектинових речовин, органічних кислот, дихання, а також порушується енергетичний баланс, у зв'язку з чим стійкість плодів і овочів до

захворювань і ураження мікроорганізмами знижується. У свіжих м'ясі та рибі втрати вологи викликають зміни консистенції, забарвлення, активізуються біохімічні процеси, погіршуються технологічні характеристики.

Швидкість випаровування вологи залежить насамперед від анатомічної будови, особливо покривної тканини, товщини і хімічного складу захисного шару. Так, жирна свинина і яловичина втрачають вологи менше, ніж та, що не має суцільного жирового шару. Втрати маси у цілих тушах та пів тушах менші, ніж у відрубках та подрібненому м'ясі. Риба без луски більше всихає, ніж з лускою. У плодах з пошкодженими покривними тканинами втрати вологи збільшуються в 2-3 рази, а при знятті шкірки – в 5-10 разів. Цим пояснюються більш значні втрати маси у сировині, яка має механічні пошкодження – порізи, тріщини, подряпини.

На швидкість випаровування впливає стан вологи в сировині, її зв'язок з колоїдними речовинами сировини – крохмалем, білками, пектинами тощо.. Чим більше вміст вільної води, тим швидше вона випаровується. І навпаки, чим більше у сировині зв'язаної води, тим повільніше вона випаровується. Недозрілі плоди і овочі, які мають недостатньо сформовані покривні тканини, більш інтенсивно випаровують вологу, ніж дозрілі.

**Інтенсивність випаровування вологи** змінюється протягом терміну зберігання, яке збільшується на початку зберігання, а потім зменшується, і тільки наприкінці зберігання знову підвищується, що пов'язано з закінченням періоду спокою, з проростанням та старінням плодів і овочів. Найбільший вплив на швидкість випаровування мають *зовнішні умови* – температура, відносна вологість, склад та циркуляція повітря, площа випаровування.

**Конденсація вологи, або відпрівання** – є небажаним процесом, тому що волога на поверхні сировини створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Причиною конденсації вологи є тепловиділення сировини при її диханні та теплообмін з оточуючим середовищем. В процесі дихання сировини, при окисленні глюкози, виділяється теплота. Якщо ця теплота не виводиться з шару сировини, вона підвищує температуру всередині штабелю, внаслідок чого активізується дихання і тепловиділення, випаровування вологи збільшується, вихідний потік повітря стає більш теплим і вологим. Тому, зустрічаючись з холодним зовнішнім повітрям сховища, пара конденсується і зволожує сировину.

**При відсутності примусової вентиляції**, крім конденсації відпрівання може виникнути процес **самозігрівання**. Цей процес виникає внаслідок різкого підвищення температури в товщі штабелю, яке спочатку виникає на зволоженій ділянці штабелю, а потім – швидко охоплює прилеглі шари. Якщо порушені режими зберігання зерна і насіння соняшника, температура в середині штабелю може досягати 75 °С і вище.

При транспортуванні або зберіганні плодів, овочів, мяса та риби у штабелях з перевищення припустимої висоти шару, може змінюватись початкова форма, виникають деформації, тріщини, витікання соку. При зберіганні сипких видів сировини – борошно, сіль, цукор та ін. при зміні вологості і температури відбувається груд кування, злипання або суцільне

затвердіння поверхневого шару. У рідких видів сировини – олія, молоко, сиропи, розчини тощо, за таких умов зберігання відбуваються розшарування, випадання осаду, загуснення та ін. структурні зміни.

**Фізіолого-біохімічні процеси при зберіганні** – є продовженням тих фізіологічних процесів, які мали місце при заготівлі – це ферментативні процеси окислення, гідролізу, синтезу. З них найбільш поширеним є процес дихання.

**Дихання** – це незворотній процес окислення таких речовин, як вуглеводи, білки, кислоти та ін. Інтенсивність дихання, як ферментативного процесу, є визначальним для таких видів сировини як свіжі плоди, овочі та гриби, картопля, зерно та ін. Інтенсивність дихання сировини залежить від виду і сорту, фізіологічного стану, наявності і характеру пошкоджень, а також від зовнішніх факторів – температури та газового складу середовища.

Вся сільськогосподарська сировина (за винятком картоплі) активізує дихання при підвищенні температури, однак темп зростання інтенсивності дихання у різних видів різний. Так, при підвищенні температури сховища від 0 до 20 °С, на кожні 5 °С зростання температури яблука збільшують активність дихання удвічі. У картоплі в діапазоні температур 0-5 °С спостерігається зменшення активності, а при подальшому зростанні температури – збільшення активності дихання.

Втрати маси за рахунок дихання у молодих плодів і овочів у 10-20 разів більше, ніж у старих. Інтенсивність дихання багатьох плодів і овочів з механічними ушкодженнями зростає в перший період зберігання, а потім уповільнюється, що пов'язано з підвищенням витрат енергії на біосинтез речовин захисного характеру. Таке ж явище спостерігається і при ушкодженні сировини сільськогосподарськими шкідниками, гризунами, мікроорганізмами та фізіологічними хворобами. Так, активність дихання яблук з захворюванням «загар» в 1,3 рази вища, ніж у здорових.

Найбільша активність дихання сировини відбувається під час росту, а під час досягання – зменшується. Після збирання і на початку зберігання активність дихання підвищується. А потім поступово знижується до певного рівня, на якому деякий час утримується. Цей період стабільного дихання плодів завершується при повному дозріванні. Після цього відбувається короткочасний підйом інтенсивності дихання. Цей етап називається клімактеричним періодом. По його завершенні, дихання різко зменшується і настає період перезрівання (старіння) плодів і овочів. У різних видів плодів і овочів тривалість цих етапів різна.

У вегетативних овочів – картопля, морква, цибуля, капуста, буряк, динаміка активності дихання інша, ніж у плодів. Після збирання, на початку зберігання, активність дихання найвища, потім стабілізується і залишається незмінною аж до початку проростання, коли вона різко збільшується.

Зростання вмісту кисню в атмосфері стимулює дихання. Тому, змінюючи склад газового середовища, можна активно впливати на хід фізіолого-біохімічних процесів у сировині під час зберігання. Оптимальні і граничні



співвідношення концентрацій газів у атмосфері сховища встановлюється для кожного виду і сорту експериментально.

Інтенсивність дихання сповільнюється при підвищенні до певної межі вмісту двоокису водню в атмосфері сховища, що можна пояснити тим, що двоокису вуглецю являється інгібітором окислювальних ферментів. Але надмірна його концентрація, при одночасному зменшенні вмісту кисню, спрямовує дихання на анаеробний шлях, внаслідок чого в сировині накопичується ацетальдегід і етиловий спирт, які порушують нормальний перебіг обмінних процесів та знижують стійкість сировини до фізіологічних захворювань.

Зберігання рослинної сировини в регульованому газовому середовищі - перспективний спосіб зберігання, що відкриває можливості для скорочення втрат сировини у процесі зберігання. До переваг РГС відноситься: досить тривалий строк зберігання й збереження якості продукту. До недоліків РГС слід віднести: 1/метод примхливий, тому що для різних видів сировини потрібні різні режими зберігання; 2/ складно підтримувати газовий склад, при великому обсязі сировини в сховищах.

В сировині під час зберігання відбуваються також інші **окислювальні** біохімічні процеси – **окислення аскорбінової та ін. органічних кислот, фенольних речовин та ліпідів**. Інтенсивність окислення залежить від багатьох факторів – температури, сонячного ультрафіолетового опромінювання, тривалості зберігання та ін. Найбільш легко окислюється аскорбінова кислота. До кінця зберігання її кількість складає 5-10 % від початкового вмісту. Вміст таких органічних кислот, як яблучна, лимонна, винна, щавлева, бензойна зменшується протягом зберігання за рахунок їх витрат на дихання та ін.

Втрати фенольних речовин – флавоноїдів, антоціанів, фенольних кислот, пов'язані з антиокислювальною дією, внаслідок чого сировина може змінювати своє забарвлення.

Окислення ліпідів найбільш помітні при зберіганні таких продуктів, як горіхи, олійне насіння, зерно та продукти його переробки (борошно, кріпи, макаронні вироби). Під дією ферментної системи – ліпази та ліпоксигенази, жири окислюються, накопичуються перекиси жирних кислот, альдегіди і кетони, які надають сировині неприємного прогірклого запаху і смаку.

При зберіганні сировини активно протікають і **гідролітичні процеси**, які пов'язані насамперед з перетвореннями вуглеводів, фенолів, ліпідів. В сировині тваринного походження відбувається гідроліз білків і жирів, у більшості видів рослинної сировини – гідроліз крохмалю.

Кінцевим продуктом гідролізу **вуглеводів** є моносахариди, переважно глюкоза. Наприкінці зберігання, внаслідок цих процесів є зниження поживної цінності, втрата міцності тканини, послаблення захисних властивостей сировини.

**Пектинові речовини**, які містяться у клітинних оболонках рослинної сировини у вигляді протопектину, а також у клітинному соку, підтримують тургор клітин і гальмують випаровування вологи. Під дією гідролітичних

ферментів пектинові речовини розпадаються, внаслідок чого зв'язок між клітинами слабшає і сировина стає м'якою або розрідженою.

На **інтенсивність гідролітичних перетворень** вуглеводів і пектинових речовин впливають особливості виду, сорту, фізіологічного стану, а також температура і склад газового середовища сховища. Стійкі види сировини і сорти плодовоовочевої сировини характеризуються повільними темпами гідролізу і навпаки.

Серед **поліфенольних сполук** гідролітичні зміни під час зберігання найчастіше зустрічаються у дубильних речовин – танінів. Їх розпад обумовлює зменшення або зникнення в'язучого, терпкого смаку, посилення солодкості та аромату. Продукти гідролізу таніну – фенольні кислоти посилюють захисні властивості плодів і овочів. Саме цим пояснюється той факт, що при нанесенні сировині механічних пошкоджень активізується гідроліз танінів і накопичується в зоні ураження хлорогенова кислота.

Найбільш стійкими до гідролітичних перетворень є **білкові речовини**. Гідроліз білків каталізується протеолітичними ферментами поступово. Спочатку розщеплюється поодинокі пептидні зв'язки і макромолекула білка розпадається на поліпептиди. Які розщеплюються до низькомолекулярних пептидів (оліго-, три-, та дипептидів), а потім до амінокислот, які беруть участь в обмінних процесах або руйнуються. У м'ясній і рибній сировині низькомолекулярні продукти гідролізу білків складають групу екстрактивних речовин. Їх вміст несуттєво збільшується після тривалого зберігання, але при цьому значно змінюється смак і аромат цієї продукції.

На початковому етапі зберігання поряд з деструктивними – окислювальними і гідролітичними перетвореннями, протікають і **синтетичні процеси**. При зберіганні картоплі на початковому етапі спостерігається ресинтез крохмалю, у сировині тваринного походження – ресинтез глікогену і АТФ. В період досягання плодів і овочів активно синтезуються ароматичні і барвні речовини, а з початком ростових процесів посилюється синтез ферментів, білків. По мірі витрачання запасних речовин ці процеси уповільнюються, потім зовсім припиняються.

### **1.3. Чинники, що впливають на втрати маси і якості сировини і харчових продуктів при зберіганні**

На стійкість сировини і продуктів при зберіганні, а також на розмір втрат, впливають як внутрішні, так і зовнішні чинники. До **внутрішніх чинників** відноситься хімічний склад та фізичні властивості об'єктів зберігання, до **зовнішніх чинників** – спосіб пакування, умови та термін зберігання.

**Хімічний склад** – має вирішальне значення для стійкості сировини і продукції при зберіганні. Найбільш впливовий фактором на зберігання – є вміст води і форми її зв'язків з іншими компонентами у сировині. Це дуже лабільний фактор і від її випаровування напряду залежать втрати маси, а також втрати якості – зміна зовнішнього вигляду, консистенції, кольору. Крім того втрати води суттєво впливають на перебіг хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесів.

**Суха сировина і готова продукція** мають менше вологи і більшу стійкість при зберіганні, менше втрачають маси і якості. Це пояснюється міцністю зв'язків молекул води з сухими речовинами продукту, наслідком чого є низька активність води. Продукти з проміжною вологістю проявляють різну здатність до зберігання, яка залежить від вмісту водоутримуючих речовин – крохмалю, пектинів, білків, цукрі, солей. Чим більше вміст таких речовин, тим міцніше утримується вода у складі продукту, тим менші втрати маси. При значному вмісті води, вони розчиняються або набухають і стають доступними для дії ферментів мікрофлори. Тому стійкість сировини і продуктів з проміжною вологістю значною мірою залежить від санітарно-гігієнічного стану сировини і навколишнього середовища. Цукор і сіль можуть утворювати розчини з високим осмотичним тиском, внаслідок чого ці речовини підвищують стійкість сировини, що широко використовується при консервуванні харчових продуктів.

Для деяких видів сировини і продукції суттєвий вплив на стійкість при зберіганні має вміст органічних кислот, етилового спирту, ароматичних та забарвлюючих речовин, фітонцидів та антибіотиків. Вони є природними консервантами і поширені в сировині рослинного походження. До найбільш активних в цьому відношенні такі **органічні кислоти** як молочна, лимонна, бензойна, щавлева, оцтова.

**Фенольні сполуки** мають бактерицидну та антиокислювальну дію. Такі забарвлювачі, як хлорофіли, каротиноїди, антоціани, флаволи, флавоноли, мають бактерицидну дію і підвищують стійкість плодоовочевої сировини при зберіганні.

**Ароматичні сполуки** – терпени ароматичні кислоти, спирти та ефіри, феноли, карбонові сполуки, ефірні олії, також виявляють бактерицидну та антиокислювальну дію. Сировина багата на ароматичні сполуки довше зберігає свої якісні характеристики.

На втрату маси та якості впливають також **фізичні властивості** об'єктів зберігання: структурно-механічні – реологічні (структура, агрегатний стан, консистенція, міцність, пружність, в'язкість, еластичність, пластичність), теплофізичні та електрофізичні.

**Агрегатний стан, структура та консистенція** сировини і продукції пов'язані з хімічним складом, тобто з вмістом та співвідношенням води і сухих речовин. **Рідкі та напіврідкі продукти** мають підвищену здатність до випаровування вологи і швидко втрачають масу. Такі продукти необхідно зберігати у герметичній упаковці. **Сировина і продукти з твердою структурою** краще зберігаються, менше випаровують вологи, менше уражаються мікроорганізмами, в них повільніше протікають хімічні та біохімічні процеси, вони краще зберігають форму, не прилипають до тари і обладнання. Об'єкти з **шпаруватою структурою** менш стійкі через велику питому поверхню, вони активно випаровуються. В них активно відбуваються сорбційні процеси – поглинання газів, летких речовин, пари, а також окислювальні процеси. Таку сировину і продукт необхідно зберігати у спеціальних сховищах або герметично закрити.

**Пружність, в'язкість, еластичність та пластичність** впливають на здатність об'єктів зберігання утримувати форму, розмір та масу. Пружні та еластичні об'єкти здатні повертати початкову форму після деформації, а пластичні – деформуються незворотно. Об'єкти з підвищеною в'язкістю мають підвищені втрати маси за рахунок прилипання до тари, пакування, обладнання.

**Теплофізичні характеристики** сировини і готової продукції мають опосередкований вплив на зміни маси і якості під час зберігання. Такі властивості, як теплоємність та теплопровідність, температура плавлення та замерзання, впливають на процеси тепло- та масопереносу, як в самих об'єктах, так і в сховищах. Від цих властивостей залежить швидкість встановлення необхідних оптимальних режимів температури і відносної вологості, а в кінцевому рахунку – швидкість перебігу процесів під час зберігання та розмір втрат маси і якості. При зберіганні великих партій сировини з великою теплоємністю або низькою теплопровідністю швидкість встановлення рівноважних значень температур і вологості уповільнюється. Внутрішні шари сировини довгий час утримують підвищену температуру і в них активно протікають хімічні, біохімічні та мікробіологічні процеси, більше випаровується вологи, вивітрюються леткі ароматичні сполуки.

Сировина і сполуки, які мають більш низькі **температури плавлення та замерзання** можуть зберігатися при знижених температурах, які дозволяють знизити активність ферментів, пригнічують мікрофлору, що зменшує втрати.

Спосіб пакування, як зовнішній фактор, захищає сировину і харчові продукти від механічних, кліматичних, санітарно-гігієнічних та ін. впливів. Захисна дія пакування залежить від виду. Способу та властивостей пакування. Чим більше жорстка, міцна та стійка тара, тим краще вона являє захисні властивості. Тим краще об'єкт зберігання утримує свої початкові характеристики. Це має велике значення для сировини, яка має крихку, ніжну структуру. Застосування такої тари дозволяє використовувати засоби механізації при проведенні завантажувально-розвантажувальних робіт без зниження якості продукту. Це також уповільнює хімічні реакції, скорочує втрати. При поєднанні герметизації з вакуумуванням або стерилізацією, стає неможливим проходження біохімічних та мікробіологічних процесів в продуктах зберігання. На втрати маси та зміну якості продукції, що зберігається у запакованому вигляді, мають вплив такі характеристики тари і упаковки, як їх форма, розмір, стан внутрішньої поверхні, світло-, газо- та паропрохідність. Чим більший розмір і просторіша форма тари і пакування, тим менші втрати. Чим кращі властивості тари, відповідність вимогам пакування певного об'єкту зберігання, тим вище стійкість до змін і менше втрати маси. Тепер харчова промисловість має великий вибір таропакувальних матеріалів з широким спектром функціональних властивостей, що дозволяє максимально знизити втрати і зберегти харчові продукти. Особливою популярністю користуються пакувальні матеріали на основі полімерів та їх комбінації з картоном та металевою фольгою.

#### **1.4. Умови та способи зберігання**

Під умовами зберігання розуміють сукупність зовнішніх факторів, які впливають на процес зберігання. До них відносять – кліматичні, санітарно-гігієнічні фактори та порядок розміщення об'єктів зберігання у сховищах.

Режимом зберігання називають сукупність чисельних значень основних факторів впливу.

Способами або методами зберігання називають певну комбінацію основних факторів і режимів.

До кліматичних умов відносяться такі фактори, як температура, відносна вологість повітря, швидкість руху та кратність обміну повітря у сховищах, газовий склад повітря та освітленість сховища. Чисельні значення кожного з цих факторів залежать від особливостей об'єктів зберігання. Найбільш впливовими факторами є температура, відносна вологість та газовий склад повітря.

Від температури повітря у сховищах залежать втрати, якість та термін зберігання сировини і продуктів. В залежності від способу регулювання температури, методи зберігання поділяють на нерегульовані, регульовані з охолодженням і регульовані з заморожуванням. У сховищах з **нерегульованим температурним режимом**, цей фактор обумовлюється температурою зовнішнього середовища, а з **регульованою температурою** – регулюється системами опалення, охолодження або кондиціонування.

В залежності від виду сировини і способу зберігання, використовують різні температурні режими:

– для зберігання сухої сировини і сухих продуктів: зерна та продуктів його переробки, цукру, солі, прянощів та спецій, сушених плодів, овочів, м'яса, риби, харчових концентратів, використовують від'ємні і позитивні температури у широкому діапазоні;

– для консервованої продукції, слабоалкогольних та безалкогольних напоїв, соків, олій, використовують помірні позитивні температури в інтервалі від 8-10 °С до 12-15 °С;

– для охолодженої сировини і продукції: свіжі, солені, мариновані плоди та овочі; свіжа молочна, м'ясна та рибна сировина; копчена солена та провісна рибна продукція і ковбасні вироби, використовуються позитивні температури від 0 до +6 °С;

– для окремих видів і сортів плодів та овочів, м'яса, сирокочених ковбас, солоної риби, рибних пресервів, використовуються температури переохолодження – від 2 - (-3) до 5 - (-7);

– для замороженої сировини і продукції тривалих термінів зберігання: м'ясо, риба, плоди, овочі, вершкове масло, тваринні жири, маргарінова продукція, використовують низькі мінусові температури – від (-18) до (-22) °С і нижче;

– для замороженої сировини і продукції короткотермінового зберігання (до 1 місяця), використовують температури від (-8) до (-10) - (-12) °С.

Вказані межі температур значною мірою відносні. Вони визначаються з врахуванням особливостей та кількості сортів, видів та груп продукції, які

одночасно зберігаються в одному і тому ж складі. У спеціалізованих сховищах, де зберігається сировина одного виду, межі температур визначаються в залежності від стиглості, ступеню ураження захворюваннями, терміну зберігання.

Коливання температури негативно впливають на стан сировини, тому що зміна температури у 1-2 °С супроводжується зміною відносної вологості повітря на 5-8 %. Це призводить до інтенсифікації процесів дихання, життєдіяльності мікроорганізмів, до посилення випаровування або поглинання парів води. При різких зниженнях температури відбувається конденсація води на поверхні сировини і продуктів, що створює сприятливі умови для розвитку мікрофлори, особливо плісняви, а також для корозії металевої тари та обладнання. Контроль за режимами зберігання проводиться постійний за допомогою термометрів та психрометрів. У спеціалізованих сховищах контроль і регулювання температурних режимів та вологи проводиться автоматично.

**Відносна вологість повітря** – другий за значенням фактор кліматичних умов, який встановлюється в залежності від виду сировини або продукту, температури, вологості, терміну зберігання та способів пакування об'єктів зберігання. Звичайно використовують 4 групи режимів відносної вологості:

– **режими з низькою відотною вологістю повітря – не більше 65 %**. Такі режими застосовуються для зберігання сухої сировини і продукції;

– **режими з помірною відотною вологістю повітря – в інтервалі 70-80 %**, використовують для зберігання сировини і продукції з проміжною вологістю і герметично упакованих об'єктів;

– **підвищена відносна вологість повітря – 80-85 %**, найбільш сприятлива для зберігання охолодженої сировини і продукції – м'ясної, молочної, рибної, яєчної;

– **висока відносна вологість повітря – 90-95 %**, являється оптимальною для зберігання свіжої соковитої сировини, замороженої продукції, квашених та засолених плодів і овочів.

Найбільший вплив відносна вологість має на зберігання сухої сировини. Коливання вологості повітря призводять до зволоження, груд кування, ініціювання біохімічних і мікробіологічних процесів. При зниженні відносної вологості зростає випаровування вологи і втрата маси. При зберіганні зерна, насіння, плодів, овочів та ін. біологічних об'єктів регулювання відносної вологості повітря сховищ є природним, тому що ці об'єкти самі являються активним джерелом вологи. Ця волога зміщує рівноважну вологість повітря і конденсується на поверхні сировини. У сховищах з штучним охолодженням, тобто в холодильних камерах, вона конденсується на поверхні батарей, утворюючи «снігову шубу», яка змінює температурний режим і відносну вологість повітря сховищ. Для регулювання відносної вологості повітря, застосовують системи вентиляції і кондиціонування, зрошування підлоги, повітря, розміщення відкритих ємностей з водою та ін. засоби. Оскільки температура і відносна вологість повітря взаємопов'язані зворотною залежністю, ці кліматичні умови створюють, підтримують і контролюють одночасно. Вони є основними параметрами режимів зберігання.

**Швидкість руху та кратність обміну повітря** у сховищах також впливає на стан сировини або продукції та розмір їх втрат під час зберігання. Швидкість і кратність обміну повітря в сховищах залежить від особистостей об'єктів зберігання, параметрів зовнішнього повітря, конструкції сховищ та вентиляційного устаткування. При відсутності обміну повітря у сховищах і об'єктах зберігання, неможливо підтримувати та контролювати необхідні значення температури і відносної вологості повітря, що може призвести до самозігрівання, зволоження і псування під впливом мікрофлори або захворювань. Постійний і інтенсивний обмін повітря швидко висушує сировину, але посилена аерація може призвести до прискорення окислювальних процесів.

В залежності від об'єкту зберігання виділяють три групи режимів обміну повітря:

– **інтенсивний обмін повітря** використовується при зберіганні сировини і продукції, що є живими біологічними об'єктами, які виділяють тепло, вуглекислий газ та ін. продукти обміну. До таких об'єктів відноситься зерно та продукти його переробки, олійне насіння, горіхи, окремі групи свіжих плодів і овочів, що не в'януть – капусти, цибулинні, гарбузові, деякі сорти яблук і груш. Для цього використовують примусову вентиляцію;

– **помірний обмін повітря** необхідний при зберіганні м'ясної, рибної, ячної сировини, свіжих плодів і овочів, що швидко в'януть – ранні овочі, зелені культури, ягоди, кісточкові плоди. Помірний обмін повітря забезпечується періодичною роботою вентиляційного обладнання або природною вентиляцією сховищ;

– **незначний обмін повітря** потрібний для об'єктів, які зберігаються у запакованому стані, а також для замороженої і висушеної продукції.

Обмін повітря у сховищах здійснюють у сховищах за допомогою природної або примусової вентиляції. В сховищах невеликої ємності та в неохолоджуваних приміщеннях використовується природна вентиляція за допомогою витяжних труб, дверей та кватирок. Природна вентиляція проста у експлуатації, дешева, але малоефективна та погано контрольована, тому що залежить від параметрів зовнішнього середовища.

При зберіганні біологічних об'єктів кращі результати дає **активне вентилювання**, коли рух повітря спрямовується крізь масу сировини або продукції. Активне вентилювання дозволяє збільшити коефіцієнт використання обсягу сховищ за рахунок підвищення висоти завантажування камер та штабелів, а також загоюванню ушкоджень сировини та підвищує стійкість сировини до ураження мікроорганізмами.

**Газовий склад повітря** має значення при зберіганні живих біологічних об'єктів, які в процесі дихання поглинають кисень з повітря, а виділяють вуглекислий газ. Тому газовий склад повітря у сховищах впливає на газовий склад тканини сировини або продукції. Зменшення вмісту кисню і підвищення концентрації вуглекислого газу пригнічує біохімічні процеси, а зворотне співвідношення цих газів навпаки активізує біохімічні і мікробіологічні процеси.

В залежності від складу газове середовище може бути нормальним, модифікованим (МГС) та регульованим (РГС). **Нормальним** вважається склад газового середовища, який суттєво не відрізняється від складу зовнішнього повітря. **Модифікованим** є газовий склад, який утворюється в сховищах або в упаковці, які ізольовані від зовнішнього середовища. За рахунок поглинання кисню і виділення двоокису вуглецю, газовий склад поступово змінюється і створюються несприятливі умови для розвитку мікрофлори та перебігу біохімічних процесів. Для цього використовують спеціальні пакування.

**Регульованим** є газове середовище сховищ або пакування, яке утворюється штучним шляхом за рахунок введення певної газової суміші. Такі суміші мають підвищений вміст вуглекислого газу, азоту та інших інертних газів. **При створенні оптимальних умов зберігання, регулюють температуру, відносну вологу, газовий склад середовища.** Зберігання сировини у регульованому газовому середовищі (РГС) залежить від співвідношення  $O_2$  і  $CO_2$ . Зміна складу газового середовища, тобто співвідношення  $O_2$  і  $CO_2$ , впливає, насамперед, на окислювально-відновні процеси в рослинних тканинах, на інтенсивність і характер дихання.

**У нормальній атмосфері сумарна кількість  $O_2 + CO_2 = 21\%$**

**$O_2$  (11-16%) +  $CO_2$  (5-10%) = 21%, залишок складає азот ( $N_2$  79%).**

На основі цього співвідношення, у практиці зберігання найбільш поширені 3 типа РГС:

1.  **$O_2$  (6-11%) +  $CO_2$  (10-15%) = 21%, залишок азоту ( $N_2$  79%).**

Співвідношення змінене у бік збільшення вмісту  $CO_2$ , для стійких до  $CO_2$  видів і сортів плодів. Вуглекислота гнітить життєдіяльність мікроорганізмів.

2. **Субнормальне газове середовище –  $O_2$  (5-3%) +  $CO_2$  (3-5%) < 21%  $O_2 : CO_2 = 5 : 3$  або  $O_2 : CO_2 = 3 : 5$ , залишок азоту ( $N_2$  90-94%).**

Співвідношенні  $O_2$  (5%)+  $CO_2$  (5%) = 10 % - **оптимальне співвідношення.** Таке співвідношення в складі газового середовища використовують при зберіганні різних сортів яблук. При зберіганні протягом 2 місяців, дихання знижується в 4 рази й придушується дія мікроорганізмів.

3. Середовище має знижений вміст  $O_2$  і повністю позбавлене  $CO_2$ . Майже весь обсяг займає азот  $N_2$ . Процес дихання уповільнюється в 4 рази й придушується дія мікроорганізмів. Цей склад РГС призначений для зберігання невеликих обсягів сировини. В основному, при такому складі РГС зберігають кісточкову сировину й виноград. У сполученні з холодом, строк зберігання можна продовжити до 6 місяців, іноді - до 10 місяців.

**Санітарно-гігієнічний режим зберігання** означає контроль стану і характеру забруднення об'єктів зберігання і сховищ. Види забруднень поділяються на – мінеральні, органічні, мікробіологічні та біологічні. **Мінеральні забруднення** сховищ представлені пилом, піском, ґрунтом, камінням, іржею. Для усунення мінеральних забруднень використовують підмітання, миття підлоги, стін, очищення тари, транспортних засобів. **До органічних забруднень** відносяться рослинні залишки від сировини, відходи від сортування, сміттєві домішки. Для попередження таких забруднень. Перед закладанням на зберігання сировину сортують, очищують, видаляють домішки.



**Мікробіологічні забруднення** найбільш поширені і небезпечні, можуть бути причиною важких захворювань та отруєння людей. Для попередження таких забруднень сховища перед завантажуванням піддають санітарній обробці, ретельно очищують інвентар, тару, обладнання. Металеві конструкції фарбують, приміщення дезінфікують сірчаним газом. **Біологічні забруднення** – це поширення у сховищах коморних шкідників – комах, кліщів, жуків та миловидних гризунів. Для боротьби з ними проводять дезінфекцію – обробку приміщення отрутохімікатами.

**Порядок розміщення об'єктів зберігання** у сховищах вибирається в залежності від їх особливостей, група, вид, сорт, фізичні властивості (міцність і твердість), спосіб пакування, термін зберігання та обладнання приміщень. Застосовують тарне і безтарне розміщення. **Безтарне розміщення** – найбільш просте і економне. До нього відносяться – кагатне, траншейне, селекційне та стелажне. Висота насипного шару залежить від виду сировини і здатності витримати значні навантаження без деформації. Довжина траншей сягає 10-20 м, ширина 0,4-1,0 м, глибина – 0,5-1,2 м. **При тарному розміщенні**, об'єкти спочатку пакують у тару – коробки, ящики, контейнери, мішки, бочки та ін., яку потім штабелюють на піддонах або стелажах різними методами. Висота штабелю залежить від розміру та міцності тари, висоти приміщень, засобів механізації.

**Способи зберігання** продовольчої сировини та харчової продукції відрізняється за методами регулювання параметрів режиму, за порядком розміщення і обробки об'єктів зберігання.

**Фасована продукція** зберігається у вигляді пакетів на піддонах або нефасована продукція – у ящикних піддонах, які являють собою подвійні дерев'яні настили пристосовані до механічної обробки.

**Ящикова тара** широко використовується при зберіганні майже всіх видів сировини та готової продукції. **Наливна тара** використовується для зберігання рідкої та напіврідкої сировини і продукції – молока, пива, вина, лікеро-горільчаної, безалкогольної, олійної продукції. **Крупногабаритною** наливною тарою є танки, цистерни, баки, бочки, **малогабаритною** – бідони, кеги, бутлі, балони, **дрібною** – банки, пляшки, флакони.

До **насипних** відносяться способи зберігання дрібної або сипкої сировини і продукції – овочі, картопля, сушені та заморожені продукти, сіль, цукор, спеції. Такі продукти затарюються у текстильні або плівкові мішки, в сітки, пакети.

Під час зберігання, незалежно від використаних способів, необхідно здійснювати систематичний контроль за станом об'єктів. Такий контроль передбачає зовнішній візуальний огляд продукції та товарних місць. Результати візуального та лабораторного контролю реєструються у відповідних журналах.

## **Теоретичні основи консервування харчових продуктів**

### **1. Призначення та принципи консервування**

Термін «консервування» походить від латинського слова «conservatio» і означає збереження об'єкту без змін і втрат. Більшість видів продовольчої сировини – плодоовочева, молочна, м'ясна, рибна, яєчна не може зберігатися

тривалий час з звичайних умовах. Тому, щоб уникнути псування, її консервують.

**Процес консервування** – це взаємозв’язана сукупність технологічних операцій, при проведенні яких вихідна сировина перетворюється у консервовану продукцію.

**Метод консервування** – це спосіб реалізації принципу консервування, який дозволяє забезпечити стійкість харчових продуктів при тривалому зберіганні.

**Принцип консервування** – це вибір того чи іншого консервуючого фактора або поєднання декількох факторів, які забезпечують попередження псування та втрати продукції.

Протягом історичного розвитку харчових технологій набули поширення такі методи консервування, при використанні яких отримують продукцію з іншими, ніж у вихідній сировині, властивостями. Такі методи консервування називають переробкою. Наприклад, квашені, сушені чи мариновані овочі або фрукти; солоні або копчені м’ясо та риба; стерилізовані плодоовочеві, м’ясні, рибні або молочні консерви; вино, сири, ковбасні вироби тощо. Різні існуючі методи консервування дозволяють розширити асортимент та сформувані нові якісні характеристики харчовій продукції. Крім того, консервування дозволяє створити запасні резерви продовольства на випадок стихійного лиха або війни, забезпечити гарантованим продовольством армію, флот, геологів, мандрівників та ін. Значна кількість консервованої продукції готова до вживання без додаткової кулінарної обробки.

В основу різних методів консервування покладено певний принцип, тобто здатність опору розвитку мікроорганізмів, – біоз, анабіоз, ценобіоз або абіоз.

Мікроорганізми виділяють токсини, які отруюють здорові клітини рослинної сировини, впливають на ферментативні процеси, порушують обмін речовин. Кожний вид рослин руйнується лише певною специфічною для нього мікрофлорою.

**Біоз** – полягає у створенні умов для нормального перебігу процесів в живих біологічних об’єктах, наслідком яких є підтримання природного імунітету цих об’єктів до захворювань та ураження мікроорганізмами. Імунітет - це здатність свіжої сировини та натуральних харчових продуктів (зерно, овочі, фрукти) протистояти діяльності мікроорганізмів за рахунок дії інгібіторів (фітоалексинів) - речовин токсичних для мікроорганізмів, які виділяються в процесі обміну речовин. Наприклад, наявність великої кількості фенольних речовин підвищує стійкість рослин, тому що у відповідь на виникнення інфекції в їхніх тканинах утворюються хлорогенова, кфейна кислоти й ін. речовини, що мають фунгіцидні властивості. Доведено, що фітоалексини синтезуються в тканинах стійких сортів у відповідь на пошкодження.

**Анабіоз** – полягає у пригніченні життєдіяльності, тобто гальмуванні ферментативних процесів, як живих продуктів, так і мікроорганізмів, під дією різноманітних консервуючих факторів. На цьому принципі засновані такі методи як охолодження, заморожування, висушування, зберігання у модифікованому

та регульованому газовому середовищі, квашення, маринування, спиртування, зацукрювання, соління та ін.

**Ценобіоз** – полягає у придушенні шкідливої мікрофлори шляхом створення умов для життєдіяльності корисної мікрофлори, яка сприяє збереженню продукту і є ефективним антагоністом до збудників псування харчової сировини або продуктів харчування. До такої мікрофлори відноситься молочнокисла, оцтовокисла, дріжджі та ін. За цим принципом найбільш поширеними методами консервування є бродіння, квашення, соління.

**Абіоз** – полягає у повному припиненні життєвих фізіологічних процесів за рахунок руйнування ферментів та знищенні мікроорганізмів у сировині і продуктах харчування. Цей принцип покладено в основу методу консервування шляхом стерилізації в автоклавах, токами надвисокої частоти, ультразвукової, іонізуючої та ін. видів стерилізації, а також додання хімічних консервантів, тобто антисептиків.

*У харчовій промисловості переважає застосування методів анабіозу і абіозу.* До них відносяться *методи холодильної обробки, методи висушування, соління, квашення, коптіння та термічної стерилізації.* Наприклад, соління та квашення плодів і овочів є комбінацією факторів анабіозу і абіозу, тому що відбувається одночасна дія солі, молочної кислоти та молочнокислої мікрофлори. Охолодження, як метод консервування поєднує такі принципи консервування, як біоз, анабіоз та абіоз, тому що при знижених температурах уповільнюються процеси життєдіяльності, знижується активність ферментних систем, пригнічується розвиток мікрофлори, частина якої гине.

**За характером впливу на вихідний стан об'єкта**, існуючі методи поділяються на дві групи – **методи подовження вихідного стану**, тобто методи збереження, та **методи формування якісно нових об'єктів**, тобто методи переробки. До першої групи відносяться всі методи збереження біологічно живих об'єктів, які полягають у створенні оптимальних умов для перебігу процесів життєдіяльності, де консервуючим фактором є природний імунітет. До другої групи відносяться методи, при реалізації яких вихідні об'єкти суттєво змінюються і набувають стійкості при подальшому зберіганні – солоні, сушені, стерилізовані, копчені тощо.

**В залежності від ступеню новизни та поширення** методи консервування поділяються на **традиційні** – консервування холодом, нагріванням, використання солі, цукру та ін. і **нетрадиційні** – обробка ультразвуком, ультрафіолетом, іонізуючими випромінюваннями, ультрафільтрацією, антисептиками, антибіотиками тощо.

**За тривалістю дії консервуючого фактора** методи консервування поділяють на **короткотермінові** – охолодження, пастеризація, гаряче копчення, слабкий посол та ін. та **довготермінові** – заморожування, стерилізація, холодне копчення, міцний посол та ін., **за способом пакування** – на не упаковані, упаковані у негерметичну тару та упаковані у герметичну тару.

Найбільш повною і досконалою є **класифікація методів консервування за природою консервуючих факторів**, які поділяються на п'ять груп – фізичні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні та комбіновані.

**Фізичні методи консервування** поділяються на високотемпературні, низькотемпературні та інші. **Високотемпературні поділяються** – на пастеризацію і стерилізацію, **низькотемпературні** – на охолодження, переохолодження, заморожування, **інші** – на консервування іонізуючим випромінюванням, ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, ультрафільтрацією.

**Фізико-хімічні методи консервування** поділяються на методи зневоднення і підвищення осмотичного тиску. **Методи зневоднення** поділяються – на сушіння і концентрування, **підвищення осмотичного тиску** – на соління (посол) і зацукрювання.

**Хімічні методи консервування** поділяються на консервування за допомогою антисептиків і за допомогою антибіотиків. Методи консервування **за допомогою антисептиків** поділяються на – консервування за допомогою етилового спирту, консервування за допомогою кислот і солей та консервування за допомогою ін. консервантів.

**Біотехнологічні методи консервування** поділяються на консервування за допомогою **квашення** і за допомогою **мочення**.

**Комбіновані методи консервування** поділяються на бінарні та поліметоди. **Бінарні методи** консервування поділяються на – в'ялення, пастеризація маринадів та квашень, стерилізація зацукрених плодів і овочів, **поліметоди** – копчення, виготовлення пресервів, вакуумне та сублімаційне сушіння.

У 19 та 20 столітті більшість методів консервування зазнали модифікації та модернізації, з'явилося багато принципово нових методів. Так, класичний **метод термічного висушування** був модернізований у метод сушіння у киплячому шарі, мікрохвильове, сублімаційне, вакуумне сушіння. Метод традиційного димового копчення було модифіковано у «рідке», електростатичне, змішане копчення.

#### **Переваги та недоліки фізичних і фізико-хімічних методів**

**Група фізичних методів** включає як традиційні, так і нові методи, які поступово набувають поширення. До **традиційних** відносяться **температурні методи**, в основу яких покладена консервуюча дія температур знижених до 0 °С і нижче та підвищених до 100 °С і більше температур. **Високотемпературні методи** ґрунтуються на пригніченні або повному знищенні вегетативних і спорових форм мікроорганізмів та інактивації ферментів. До них відносяться пастеризація і стерилізація. **Низькотемпературні методи** засновані на уповільненні біохімічних та пригніченні мікробіологічних процесів і складаються з різновидів охолодження та заморожування.

**Пастеризація** – це метод обробки продукції при температурі від 65 до 95-98 °С. **В залежності від тривалості нагрівання** розрізняють методи – **тривалого нагрівання** (нагрівання до 62-65 °С і витримка при цій температурі 30 хв), **короткотермінова** (нагрівання до 72-76 °С і витримка 15-20 сек), **швидка** (нагрівання 82-85 °С і витримка 3-5 сек) та **миттєва** (95-98 °С без витримки).

**В окремих випадках тривала і короткотермінова пастеризація може бути двократною.** Після витримки при заданій температурі, продукція швидко охолоджується, зберігається 12-24 год, а потім піддається повторній пастеризації. Такі режими дозволяють досягти більшої стійкості продукту при незначній руйнації біологічно активних речовин. **Пастеризація використовується переважно для продукції короткотермінового зберігання** – молоко, вершки, соки, пиво, напої, солоні, квашені, мариновані продукти.

**Стерилізація** – метод обробки продукції при температурі понад 100 °С., тобто температура може коливатися від 100 до 150 °С, а тривалість від десятків секунд, до двох годин, в залежності від формули стерилізації. Різновидами стерилізації є асептична стерилізація і мікрохвильова. **Асептична стерилізація** полягає у короткотерміновій обробці продукту при підвищених температурах (130-150 °С) з наступним швидким охолодженням і фасуванням у стерильну тару в асептичних умовах. Використовується для рідких та напіврідких продуктів. **Мікрохвильова стерилізація** здійснюється за допомогою струму надвисоких та ультрависоких частот. У електромагнітному полі продукт швидко розігрівається по всьому об'єму. Цей метод застосовується для стерилізації продукції, яка попередньо розфасована у герметичну тару. Тривалість такої обробки складає від 30 до 200 сек, при цьому температура досягає 120-130 °С.

Ці методи значно інтенсифікують процес стерилізації і дають можливість зменшити руйнацію поживних та біологічно активних речовин.

#### **Переваги високотемпературних методів консервування:**

- простота, доступність і ефективність обробки;
- інактивація ферментів сировини і ферментів мікрофлори;
- тривалий строк зберігання внаслідок загибелі вегетативної і спорової мікрофлори;
- краще засвоюється продукт внаслідок денатурації та гідротермічної деструкції білків, крохмалю, пектинів тощо;
- кулінарна готовність продукту.

#### **Недоліки цих методів:**

- часткова або значна руйнація поживних та біологічно активних речовин
- вітамінів, амінокислот, полі фенолів, ароматичних речовин;
- зниження харчової цінності продукту за рахунок утворення меланоїдинів, каромелей та інших полімерних сполук, які погано засвоюються;
- необхідність враховувати впливу багатьох факторів при розрахунку режимів стерилізації для кожного виду продукції;
- необхідність поєднання цих методів з герметичним пакуванням для довготермінового зберігання.

**Методи низькотемпературного консервування** не інактивують ферменти та не знищують мікрофлору, а тільки створюють для них несприятливі умови. Руйнівний вплив цих методів на склад і властивості продукції незначний і тим менший, чим м'якше режими обробки. Тому така продукція майже не втрачає своїх вихідних властивостей, а відновлює їх після підвищення температури. Однак, поряд з позитивним, ця обставина має і

негативний бік – консервуючи дія низьких температур зберігається тільки при збереженні низькотемпературного режиму.

**Охолодження** – полягає в зниженні температури продукту до 0-4 °С та подальшому зберіганні в цьому температурному діапазоні. При температурах близьких до 0 °С, біохімічні процеси в клітинах сировини і фізіологічні процеси в клітинах мікробів значно уповільнюються і втрата маси та якості об'єктів консервування мінімальні. **В залежності від режиму та швидкості охолодження**, розрізняють повільне, прискорене та підвищене охолодження. ***Охолодження є найбільш ефективним короткотерміновим методом консервування.*** Воно максимально зберігає харчову і біологічну цінність, поживні та технологічні властивості, сприяє дозріванню та іншим процесам життєдіяльності. Недоліком цього методу є відносно короткі терміни зберігання та відчутні втрати маси за рахунок випаровування вологи і дихання.

***Для усунення цих недоліків*** при консервуванні певних видів сировини і харчової продукції використовуються **переохолодження або підморожування**, які зводяться до зниження температури продукції до близько криоскопічних значень. При температурі на межі заморожування вода не кристалізується, а тому руйнації оболонки клітин не відбувається. Проте їх випаровування та активність біохімічних і мікробіологічних процесів різко знижується. Переохолодження можливе для об'єктів, які містять підвищені концентрації цукрів, солі та інших осмотично активних речовин, внаслідок чого температура замерзання клітинного соку на декілька градусів (від 2 до 5 °С) нижче нуля. До таких об'єктів відносяться високоцукристі плоди та овочі, насінневі та кісточкові плоди зимових сортів, цибуля, часник, а також солоні або сухі продукти – квашені овочі, солоні риба, ковбаси копчені та напівкопчені та ін.

Свіже м'ясо, птицю та рибу можна консервувати підморожуванням. Для цього об'єкт охолоджують до температури 1-2 °С в глибинних шарах. На поверхні такі об'єкти утворюють тонкий шар (1-2 см) підмороженого продукту. Тривалість зберігання у підмороженому стані подовжується в 2-2,5 рази, а втрати маси зменшуються в 3-4 рази. Поверхня таких об'єктів стає жорсткою, що дозволяє їх штабелювати як заморожені продукти. За рахунок цього покращуються показники використання тари, транспортних засобів, сховищ. Але методи переохолодження і підморожування потребують ретельного контролювання та регулювання режимів обробки, зберігання та транспортування, тому що при незначному зниженні температури, продукт повністю промерзає, а при підвищенні – відбувається конденсація вологи і швидке псування продукту.

**Заморожування** – є одним з найпоширеніших методів консервування. Сутність його полягає в тому, що при низьких від'ємних температурах більша частина вільної вологи продукту перетворюється на кригу, яка руйнує оболонки клітин. В результаті цього осмотичний тиск клітинного соку різко збільшується, а активність води і ферментів – знижується. Всі ці фактори призводять до загибелі вегетативної форми мікрофлори, однак спорові форми залишаються життєдіяльними. Біохімічні і фізико-хімічні процеси знижуються до такого рівня, коли вони протягом тривалого часу не впливають на зміни

маси і якості. **Консервуюча та руйнівна дія заморожування на продукт значною мірою залежить від режиму обробки – температури та швидкості її зниження.** Розрізняють повільне двофазне, інтенсивне і швидке однофазне заморожування.

**Двофазне заморожування** – продукт спочатку охолоджують до температури 2-4 °С, а потім піддають заморожуванню до (-8 °С) і нижче в товщі продукту. Повільне заморожування супроводжується утворенням крупних кристалів льоду, які деформують, а потім розривають клітинні оболонки. Після розморожування такі продукти втрачають свою форму, пружність і масу за рахунок витікання клітинного соку. Повільне утворення льоду відбувається при розсольному, льодосоляному та природному заморожуванні.

**Для швидкого заморожування** використовується штучний холод у швидкоморозильних апаратах або камерах, що дає можливість інтенсифікувати процес заморожування. **Для дрібної та подрібненої продукції** використовують заморожування у «киплячому» шарі, за рахунок продування через сировину під тиском холодного повітря, **для крупної сировини** – заморожування при підвищеній циркуляції повітря в спеціальних камерах, в яких активно циркулює повітря з температурою від (-30 °С) і нижче.

**До групи фізико-хімічних методів консервування** відносяться методи, що базуються на консервуючій дії зневоднення продукту та підвищеного осмотичного тиску.

**До методу зневоднення** відносяться різноманітні методи сушіння та концентрування. Внаслідок зменшення вмісту вологи в клітинному соку відбувається концентрування сухих речовин і утворюється підвищений осмотичний тиск. В умовах підвищеного осмотичного тиску і нестачі вільної води, спочатку уповільнюються, а потім припиняються біохімічні та фізіологічні процеси, інактивуються ферменти або суттєво знижується їх активність, відбувається відмирання мікробних клітин та утворення спорових форм. Завдяки простоті, доступності і низькій вартості, фізико-хімічні методи набули поширення і використовуються для консервування більшості видів продовольчої сировини, як рослинного, так і тваринного походження.

**Методи сушіння** існують у різному виді. В залежності від виду сировини і способу сушіння, остаточний вміст вологи у кінцевому продукті може складати від 3 до 25 %, але для більшості видів продуктів вологість складає 12-14 %. Ці методи використовують для підвищення термінів зберігання зерна, насіння, плодів, ягід, грибів, горіхів, прянощів, молока, яєць, м'яса, риби, концентратів, бульйонів, напоїв тощо. **До переваг методів сушіння відноситься** – зменшення маси і об'єму, що здешевлює його транспортування, пакування та зберігання; підвищується стійкість готового продукту; підвищення харчової цінності за рахунок видалення вологи і концентрування поживних речовин; попередження втрат маси при зберіганні. **До недоліків слід віднести** – незворотна зміна вихідних властивостей сировини; значна руйнація біологічно активних речовин; необхідність додаткової обробки перед вживанням; утворення меланоїдинів, колоїдів, денатурація білків, окислення жирів та ін.; необхідність герметичного пакування.

В харчових виробництвах найбільш **поширені методи штучного сушіння**. В залежності від способу підведення тепла існують такі **різновиди штучного сушіння** – конвективні методи, коли тепло передається через повітря, контактні методи – коли продукт контактує з нагрітою поверхнею, мікрохвильові – коли тепло індуктується електричними полями, радіаційні – тепло передається інфрачервоним випромінюванням та ін. ***Всі методи штучного висушування, на відміну від природних, мають високу продуктивність, керованість і стабільність режимів.***

Для збереження біологічно цінних речовин використовують **вакуумне сушіння** при знижених температурах – не більше 50 °С в умовах вакууму. Найбільше збереження біологічно активних речовин відбувається при сублімаційному сушінні, коли сировину спочатку заморожують, а потім сушать заморожену сировину (лід відразу переходить в пару, минуючи рідкий стан).

Найбільш поширеним методом сушіння є **розпорошувальне сушіння**, коли рідина під тиском через форсунку подається у сушарку, розпорошується і висушується током гарячого повітря, який подається назустріч.

**Для часткового зневоднення або концентрування**, рідкої сировини застосовують метод згущення – **випаровування**. Процес можна проводити нагріванням або виморожуванням. Згущення проводять при 100 °С, якщо дозволяє склад сировини, або під вакуумом – при температурі 40-60 °С. При концентруванні шляхом **виморожування**, процес концентрування проводять при температурі (-10 °С)-(-15 °С). Вода, яка міститься в продукті перетворюється в лід, який потім видаляється за допомогою центрифуги.

**Другу підгрупу фізико-хімічних методів** складають методи, які **ґрунтуються на створенні високого осмотичного тиску** шляхом додавання до сировини речовин, які активно зв'язують вологу – цукру або солі.

**Зацукрювання або концентрування цукром** виконується двома способами – гарячим або холодним. ***При гарячому способі*** сировину уварюють в цукровому сиропі. Під час уварювання вода з сировини частково переходить в сироп, а потім випаровується з сиропу. Цукор переходить у сировину, насичує її і створює підвищений осмотичний тиск. ***При холодному способі*** протерта сировина змішується з сухим цукром у співвідношенні 1:2. Цукор частково розчиняється у соку сировини і дифундує в клітини, створюючи необхідний для консервування рівень осмотичного тиску.

Метод зацукрювання широко використовується при виробництві фруктових-ягідних консервів. ***Перевагами методу*** є висока харчова та енергетична цінність, відносна стійкість консерві при зберіганні, простота методу і технологічного обладнання, кулінарна готовність продукту. ***Недоліками гарячого способу*** є часткове руйнування біологічно активних речовин, зміна початкових органолептичних властивостей – форми, кольору, смаку, аромату та необхідність герметичного пакування продукції для попередження мікробіологічного псування. ***При холодному способі*** ферменти не інактивуються, а мікрофлора не гине. Тому така продукція потребує охолодження або інших способів консервування. Проте при холодному способі краще зберігаються вихідні властивості і склад сировини.



**Соління**, як і зацукрювання, є універсальним методом консервування харчових продуктів. Цим методом консервують м'ясо і рибу. Сіль вилучає воду із сировини, а сама у вигляді розчину проникає у тканини і клітини, де й створює підвищений осмотичний тиск, як є несприятливим для ферментів та мікроорганізмів. В залежності від техніки виконання, розрізняють сухий, мокрий та змішаний спосіб соління.

**При сухому** – сировина перемішується з сухою сіллю, **при мокрому** – заливається розсіл або тузлук, **при змішаному** – спочатку додається суха сіль, тобто продукт пересипається сухою сіллю, а потім заливається розсіл. М'ясна та рибна сировина під час просоловання суттєво змінюється. В ній відбувається складний комплекс фізичних, хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесів, внаслідок чого з'являється новий смак, аромат, колір.

На перебіг процесів впливає склад, тобто співвідношення водо:жир, температура, концентрація солі та ін. фактори. Чим вище вміст жиру, тим повільніше просолоється сировина. Щоб запобігти псуванню жирної сировини її солять **холодним способом** при низьких температурах – від 0 °С до (-10 °С). Інші види сировини солять **охолодженням**, при температурі від 0 °С до 5 °С, та **теплим**, при температурі від 10 °С до 15 °С, посолом. Якщо просоловання відбувається до вирівнювання концентрації солі в розсолі і продукті, посол називають **закінченим**, а якщо переривають раніше – **перерваним**. Таким чином отримують слабкосолену продукцію.

### **Хімічні, біотехнологічні та комбіновані методи консервування**

До групи хімічних відносять методи, що ґрунтуються на використанні консервантів – хімічних речовин, які виявляють консервуючи дію. До них відносяться різні за природою та характером дії речовини. Одні з них викликають загибель мікроорганізмів (антисептики), інші тільки пригнічують їх життєдіяльність (антибіотики). В залежності від того, які консерванти застосовуються, методи поділяються на асептичні і антибіотичні.

Для асептичного консервування використовують етиловий спирт, окремі кислоти або їх солі, гази та ін. Для цих речовин, в залежності від концентрації та рН середовища, може бути бактерицидною та фунгіцидною, тобто згубною для бактерій і мікроскопічних грибів, або бактеріо- та фунгістатичною, тобто тільки пригнічує розвиток і розмноження мікрофлори.

**Метод спиртування** – це консервування етиловим спиртом. Вміст спирту до 16-18 % пригнічує розвиток мікрофлори, а при більших концентраціях спирту вони гинуть. На цьому методі засновано тривале зберігання вина та виноматеріалів, соків, деяких плодів і ягід. Перевагою цього методу є його простота. Доступність висока ефективність. Недоліком – є негативний вплив етанолу на організм людини та суттєва зміна смаку і аромату продукції.

**Консервування кислотами та їх солями** має широку сферу застосування. Його використовують для подовження термінів зберігання свіжих плодів і овочів, напівфабрикатів з них, м'яса, риби, маринованої продукції, напоїв, соків. Найбільш поширеними консервантами цієї групи є сірчиста,

оцтова, бензойна, мурашина, пропіонова, молочна, борна та ін. кислоти. Основним консервуючим фактором кислотного консервування є зміщення рН в кисле середовище, яке є несприятливим для більшості ферментів сировини та мікрофлори. Крім того, деякі кислоти виявляють інгібуючий ефект за рахунок комплексоутворення з активним центром ферменту. Окремі кислоти мають токсичну дію на певні види мікрофлори. Цей метод консервування є простим, дешевим і ефективним. Але переважна кількість кислот, що використовуються для консервування, надають мають готовому продукту чітко виражений кислий смак, а деякі є небезпечними для людини.

**Маринуванням** називають метод консервування добавками оцтової кислоти та її солей – ацетатів натрію, калію, кальцію та амонію. В концентраціях від 0,5 до 1,2-1,8 % її використовують для короткотермінового консервування плодів, овочів, грибів, м'яса, риби, при виготовленні пресервів та маринованих заливок для м'ясних і рибних консервів. Такі концентрації лише пригнічують розвиток бактерій та дріжджів і не діють на плісняві гриби. Збільшення концентрації посилює консервуючий ефект, але надає продукту пекучо-кислого смаку. Концентрації більше 2,0 % негативно впливають на слизові оболонки травного тракту, на емаль зубів, склад крові. Тому для подовження терміну зберігання маринадів їх пастеризують або охолоджують.

**Сульфітація** – це метод консервування сировини сірчистою кислотою ( $H_2SO_3$ ), яка має бактеріо- та фунгістатичну і бакріо- та фунгіцидну дію. Крім того, вона є комплексоутворювачем як для ферментів, так і субстратів. Завдяки цьому вона уповільнює біохімічні і фізіологічні процеси. Вона є сильним відновлювачем. Тому в розчинах є активним акцептором кисню, через це порушує дихання та обмін речовин мікробних клітин, внаслідок чого вони поступово гинуть.

Сульфітацію продуктів можна проводити різними способами – занурюванням у розчин, зрошуванням, окурюванням діоксидом сірки, при взаємодії якого з водою утворюється кислота. Сульфітація є найпоширенішим способом обробки харчової сировини і продуктів. Крім консервуючої дії, вона має відбілюючий ефект, виявляє антиокислювальну та стабілізуючу дію. Під час зберігання продукції сірчиста кислота поступово розкладається, а діоксид вивітрується, тобто відбувається десульфітація. Тому законсервовані продукти зберігають у закритих сховищах без доступу кисню. При вмісті діоксиду сірки понад 0,01-0,2 %, продукт піддають короткочасному нагріванню або провітрюванню, що прискорює його десульфітацію.

**Консервування бензойною кислотою та її солями** використовують для попередження процесів псування продуктів переробки риби – консервів та пресервів, маргаринів, м'ясних виробів та ін. Оскільки бензойна кислота має малу розчинність у воді, частіше використовують її натрієву сіль – бензоат натрію. Перед вживанням продукції допустимою дозою в продукті є вміст бензойної кислоти від 5 до 10 мг/кг маси тіла людини. Бензоати надають продуктам специфічного смаку при концентрації понад 0,1 %.

**Собінова кислота та її солі** – натрію, калію, кальцію, за характером консервуючої дії є близькими до бензойної кислоти. Але вони краще розчиняються

і на їх дію мало впливає рН продукту, практично безпечні для організму людини, не змінюють смак, запах та ін. органолептичні показники.

Сумарне використання бензойної і сорбінової кислот та їх солей виявляє синергитичну дію, тому що в сумішах знижується їх особисте дозування і розширюється антимікробна дія. Разом їх використовують при виготовленні сухофруктів та сушених овочів, консервів з малим вмістом цукру, оцту, солі, слабо- та безалкогольних напоїв, вин, соків, рибопродуктів, рибної ікри, прянощів, чайних концентратів.

**Мурашина, пропіонова, молочна, борна** мають обмежене використання.

**Антибіотичні методи** консервування з використанням антибіотиків на відміну від асептичних, застосовують значно рідше. І хоча антибіотики виявляють свою антимікробну дію в дуже малих концентраціях, вони є небажаними нутриентами тому, що суттєво впливають на корисну мікрофлору кишкового людини. Дозволені в харчовій промисловості є низин і пімаріцин.

**Низин** затримує зростання стафілококів, стрептококів і клостридій. Крім того він знижує термостійкість бактерій, що дозволяє знижувати температуру стерилізації молочних, м'ясних, рибних та плодоовочевих консервів. Використовується у сироробному виробництві для поверхневої обробки сирів проти пліснявіння. Аналогічну проти плісняву дію у сироробному і ковбасному виробництві виконує **пімаріцин**.

**До біотехнологічних методів консервування** відносять ті, в яких консервуючий ефект досягається спрямуванням біохімічних та мікробіологічних процесів. Вони базуються на принципі целобіозу, що полягає в пригніченні або знешкодженні одних видів мікрофлори, які шкідливі при виробництві окремих видів продуктів, і сприянні для життєдіяльності інших мікроорганізмів, які є корисними для цього технологічного процесу. До цієї групи входять такі методи переробки сировини як: квашення капусти; соління огірків, помідорів, перцю, баклажанів; мочіння яблук, кавунів; зброджування виноградного та ін. соків, пивного суслу, молока; соління м'яса і деяких видів риби. Ці методи широко використовуються, як в домашніх умовах, так і в промисловості.

Більшість біотехнологічних процесів переробки плодів і овочів полягає в створенні сприятливих умов для розвитку і життєдіяльності молочнокислої мікрофлори, яка продукує молочну кислоту. Молочна кислота є сильним антисептиком, згубним для гнильної мікрофлори. Її накопичення в продукті знижує рН середовища, що перешкоджає активній дії великої кількості ферментів. Консервуюча дія молочної кислоти підсилюється кухонною сіллю, яку при таких методах переробки додають у невеликій кількості. Вона підвищує осмотичний тиск, який пригнічує розвиток шкідливої мікрофлори.

При виробництві деяких кисломолочних продуктів, а також при мочінні плодів, поряд з молочнокислим відбувається спиртове бродіння, накопичується етиловий спирт, який теж підсилює консервуючу дію молочної кислоти. При солінні м'ясних продуктів, разом з молочнокислою мікрофлорою використовують динітрофікуючу мікрофлору, яка є сильним антагоністом до

гнильної мікрофлори. Таким чином, при переробці багатьох видів сировини, консервуючий ефект є результатом сумісної дії молочної кислоти, солі, спирту, цукру та ін. речовин.

**Молочнокисле та спиртове бродіння може бути самоплинним та індукованим.** У першому випадку бродіння викликається природною мікрофлорою, яка присутня на сировині, в повітрі, тарі. Додання солі, цукру, підтримання певної температури є сприятливими для розвитку бажаної мікрофлори і несприятливі для шкідливої мікрофлори. Внаслідок цього корисна мікрофлора швидко розвивається, а продукти її обміну виконують роль консерванту. Але доволі часто в таких умовах поряд з основними видами бажаного бродіння, мають місце і інші – оцтовокисле, пропіоново- та маслянокисле, і готовий продукт може набути небажаних властивостей – з'являється сторонній запах, смак, дефекти консистенції. Для запобігання таких випадків використовують індуковані процеси бродіння. На початку технологічного процесу до сировини вносять спеціальні закваски або чисті культури мікроорганізмів, які називаються стартовими, і спрямовують процес в необхідному напрямку підвищують якість продукту.

**Квашення капусти,** як спосіб її переробки на відносно стійку при зберіганні продукцію, полягає в пересипанні подрібненої сировини сухою сіллю та витримці такої суміші при кімнатній температурі протягом 8-12 діб. Сіль за рахунок осмотичних процесів вилучає клітинний сік, до складу якого входять цукри, які швидко зброджуються до молочної кислоти. При підвищених температурах, поряд з молочнокислим, відбувається і спиртове бродіння, яке погіршує якість продукції. Пілюля основного бродіння накопичується 1,5-2,0 % кислоти і продукт стає готовим до споживання. Його зберігають при температурі 2-4 °С. Для отримання продукції стабільно високої якості, використовують чисті культури штаму *Lactobacillus*, які зберігаються у висушеному стані, а перед використанням з них готують «виробничу» культуру.

**Соління овочів** – огірки, помідори, баклажани, перець та ін. , відрізняється від квашення тим, що сировина не подрібнюється. Підготовлену сировину заливають розсолем з концентрацією солі від 5 до 10 %, в залежності від овочів і температури. Використання розсолу прискорює вилучення цукру і перебіг процесу бродіння. Після закінчення основного процесу бродіння (від 1 до 5 діб, в залежності від температури), коли накопичується 0,3-0,5 % кислоти, температуру знижують від кімнатної до 0-4 °С. В цих умовах іде процес доброджування і формується якість готового продукту. При підвищених температурах продукція стає надмірно кислою, консистенція слабкою, в овочах утворюються порожнини.

**Мочіння яблук** на відміну від овочів, є результатом молочнокислого і спиртового бродіння, які відбуваються в сировині одночасно і з однаковою інтенсивністю. При цьому в яблуках накопичується приблизно в однаковій кількості кислота і спирт – від 1 до 2 %, які надають продукту специфічний смак і аромат. Для стимулювання спиртового бродіння, до сировини разом із сіллю додають цукор, ячмінний або житній солод, житню солому і борошно.

Процес основного бродіння відбувається 3-6 діб при температурі 15-20 °С. а доброжування триває 1-2 місяці – при температурі 4-6 °С.

**Посол м'яса і риби** використовується, як самостійний метод консервування, так і в поєднанні з іншими методами (в'яління, копчення). При посолі м'яса, до складу посолочної суміші входить нітрат натрію, для придання рожевого кольору. Але він має бактерицидні властивості, тому склад мікрофлори м'яса суттєво відрізняється від тієї, що має місце при консервуванні рослинної сировини.

Для інтенсифікації процесу просолювання і дозрівання мяса, використовують різні технологічні заходи – шприцювання частини розсолу в товщу виробів, прокачування розсолу крізь кровоносну систему, механічну обробку – масажування та ін.

Комбінованими називають методи консервування, які ґрунтуються на одночасному використанні декількох консервуючих факторів. Таке поєднання дає можливість компенсувати недоліки одного методу перевагами інших або посилити консервуючий ефект за рахунок синергетичної дії різних факторів. Залежно від кількості факторів розрізняють бінарні методи та полі методи – більше двох. Серед бінарних методів найбільш поширені такі комбінації: зацукрювання + пастеризація або стерилізація, квашення + пастеризація, маринування + асептичне консервування, охолодження + штучне газове середовище тощо.

Серед бінарних методів консервування тваринної сировини найбільш поширене **в'яління**. Цей метод поєднує висушування з консервуючою дією кухонної солі, попередньо просоленої сировини. Оскільки в кінцевому продукті вміст солі має сягати 10-12 %, ця концентрація дозволяє зменшити тривалість висушування. Залишкова вологість виробів складає 40-50 %. Внаслідок цього консистенція в'ялених продуктів менш жорстка, ніж сушених. Процес в'ялення є різновидом процесу дозрівання м'яса і риби при солінні. Він є сукупністю складних перетворень білків, жирів, екстрактивних речовин. В'ялені продукти через дозрівання стають готовими до використання без додаткової обробки. Вони достатньо стійкі при зберіганні.

### **З поліметодів найбільш поширені копчення та пресервування.**

**Копчення** – це метод консервування, який поєднує висушування, соління та асептичну дію компонентів коптильного диму. Часткове підсушування та додання солі створюють осмотичний тиск, а рідкі та газоподібні сполуки диму виявляють бактериостатичну та бактерицидну дію. Крім того, коптильні речовини мають і чітко виражену антиокислювальну дію. Основний внесок в консервуючий ефект копчення складають такі речовини диму, як формальдегід, фурфурол, метиловий спирт, ацетон, мурашина та оцтова кислота, феноли, ароматичні ефіри.

Процес копчення відбувається в два етапи: 1/ обробка сировини димом (або коптильними препаратами), під час якої коптильні речовини осаджуються на поверхні виробів, 2/ дифузія цих речовин в продукт і формування його властивостей. Смак і аромат копчених виробів формується за участю фенольних сполук – фенол, гваякол, еugenol, летких органічних кислот –

мурашина, оцтова, пропіонова та масляна, карбонільних речовин – формальдегід, ацетальдегід, фурфурол, ацетон та ін. Характерного золотистого кольору надають продуктам як перераховані сполуки, так і продукти їх взаємодії між собою і компонентами сировини – меланоїдини, продукти окислення, полімеризації, поліконденсації тощо.

**Холодне копчення** є найбільш поширеним традиційним методом, який використовується для консервування рибних, м'ясних та деяких молочних продуктів. Сутність його полягає в тому, що попередньо підсолені продукти розвішуються на спеціальних рамах, які завантажують в коптильні установки – шафи або камери. Через ці установки проходить потік повітря насиченого пародимовою сумішшю (димом), що утворюється при неповному згоранні вишневої деревини. Холодним воно називається тому, що має невисоку температуру: для м'ясних виробів – 18-22 °С, для рибних – 18-40 °С. Обробка димом при холодному способі триває від 2 до 7 діб. За цей час вологість виробів знижується до 42-60 %, а вміст солі підвищується до 4-10 %. Зневоднення, підвищений осмотичний тиск і бактерицидні властивості диму в їх поєднанні роблять продукт стійким при зберіганні протягом декількох місяців. Недоліком методу є велика тривалість процесу, що знижує продуктивність методу.

**Гаряче копчення** – це метод, при якому температура диму або пародимової суміші перевищує 80 °С: для м'ясних продуктів 80-110 °С, для рибних – 80-170 °С. При таких температурах відбувається швидке пропарювання продукту у власному соку і водночас поверхнева обробка коптильними компонентами. Час обробки димом залежить від його температури, але, як правило, не перевищує 3-5 год. Дрібні вироби прокопчуються за 0,5-1 год. У зв'язку з нетривалою термообробкою вироби зберігають високу вологість – 60-70 % і мають ніжну соковиту консистенцію, яка в поєднанні зі смаком і ароматом копчення надає продуктам високих споживчих властивостей. Проте продукти гарячого копчення нестійкі при зберіганні. Для подовження термінів зберігання їх охолоджують або заморожують.

Напівгаряче копчення за параметрами технологічного режиму і характеристик готового продукту займає проміжну позицію між холодним і гарячим копченням. Температура диму від 50 до 80 °С, тривалість процесу – від однієї до декількох годин. Цим методом консервують переважно рибу і деякі ковбасні вироби. Продукти напівгарячого копчення мають короткі терміни зберігання – від 3 діб до двох тижнів. Охолодження або заморожування подовжує зберігання.

**Рідинне або бездимне копчення** – метод консервування, що полягає в обробці продуктів рідкими коптильними препаратами. Їх отримують шляхом конденсації диму та подальшої обробки конденсату з метою видалення з нього шкідливих речовин – смол, канцерогенів, часток золи, сажі. Обробка продуктів коптильними препаратами виконується шляхом занурення, зрошування, витримки в аерозолі або введенням препарату в склад продукції як компоненту рецептури. **Недоліком бездимного копчення** є недостатня сформованість смаку

і аромату. За цими показниками продукція суттєво поступається продукції традиційного копчення. Тому останнім часом частіше використовують **змішане копчення**. При цьому методі, продукцію після обробки копильними препаратами, нетривалий час викопчують методами димового копчення – гарячим або напівгарячим.

Електростатичне копчення – метод обробки продукту іонізованим димом в електростатичному полі високої напруги. За допомогою спеціального обладнання продукт і частки диму отримують протилежні електричні заряди. В результаті цього дим інтенсивніше осаджується на поверхні продукту і процес копчення прискорюється до декількох хвилин.

**Пресервування** – це метод консервування, при якому одночасно використовують такі консервуючі фактори. Як охолодження, соління, маринування, бактерицидний вплив прянощів і герметичне пакування. Цей метод переважно використовується для рибної сировини. Сіль, кислота і прянощі додаються в незначних кількостях, які необхідні для формування смаку і аромату, але в поєднанні з герметичним пакуванням і охолодженням до 0-4 °С, вони забезпечують зберігання продукції від декількох тижнів до 2-3 місяців. Для посилення стійкості деяких пресервів в їх рецептуру вводять і консерванти – бензойну кислоту та її солі.

#### **Безпека харчової сировини і продуктів**

У кожній держані здійснюються певні **засади державної політики щодо забезпечення якості та безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини**. В нашій держані вони визначаються Законом України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини», прийнятим Верховною Радою України № 771/97-ВР від 23 грудня 1997 року із змінами та доповненнями від 13.09.2001 р. та 24.10.2002 р.

**Продовольча продукція** – харчові продукти, продовольча сировина та супутні матеріали.

**Харчовий продукт** – будь-який продукт, що в натуральному вигляді чи після відповідної обробки вживається людиною у їжу або для пиття.

**Продовольча сировина** – продукція рослинного, тваринного, мінерального, синтетичного та біотехнологічного походження, що використовується для виробництва харчових продуктів.

**Супутні матеріали** – матеріали, які використовуються у процесі виробництва, зберігання, транспортування, реалізації, парування та маркування харчових продуктів і безпосередньо контактують з цими продуктами, але самі не придатні до споживання.

**Безпека харчових продуктів** – відсутність загрози шкідливого впливу харчових продуктів, продовольчої сировини та супутніх матеріалів на організм людини.

**Безпечність харчових продуктів** – сукупність властивостей харчових продуктів, що гарантує безпеку.

**Безпечність продукту** – гарантія того, що продукти не завдають шкоди споживачу під час їхнього приготування або споживання, відповідно до їхнього призначення.

**Показники безпеки продовольчої продукції** – науково обґрунтовані показники вмісту у зазначеній продукції шкідливих для здоров'я і життя людини компонентів чи речовин хімічного, біологічного, радіаційного та іншого походження, недотримання яких призводить до шкідливого впливу на здоров'я людини.

**Небезпечна продовольча продукція** – продовольча продукція, показники безпеки якої не відповідають встановленим для даного виду продукції або зазначеним у декларації про відповідність, нормативних документах та нормативно-правових актах, а також продовольча продукція, споживання якої пов'язане з підвищеним ризиком для здоров'я і життя людини.

**Небезпечний чинник** – біологічний, хімічний, фізичний чинник або умови в продукті, які потенційно можуть заподіяти шкоду здоров'ю людини.

**Забруднювач** – будь-яка біологічна чи хімічна речовина, сторонній предмет чи інші речовини, що ненавмисно додані до продукту, які можуть ставити під загрозу безпечність або придатність харчового продукту для споживання.

**Критична точка контролю** – етап або операція технологічного процесу, на якому можливе проведення контролю і який має суттєве значення для того, щоб запобігти, усунути або мінімізувати ризик до прийняттого рівня щодо безпечності харчового продукту.

**Придатність продукту** – гарантія того, що продукт придатний до споживання, виходячи з його призначення.

**Харчова гігієна** – всі умови і заходи, потрібні для забезпечення безпечності та придатності продукту на всіх етапах виробничого процесу.

Щоб гарантувати безпеку продовольчої сировини і харчових продуктів, всі учасники виробничого ланцюга, починаючи з первинного виробництва. Що вирощує сировину, і закінчуючи кінцевим споживачем харчового продукту. повинні дотримуватись певних принципів і правил, встановлених відповідними законодавчими, нормативними та рекомендаційними документами, сукупність яких прийняти називати **«харчовим законодавством»**.

**Біологічна безпека** складається з мікробіологічної, паразитарної та власне біологічної безпеки. Мікробіологічна безпека є найбільш поширеною та загрозовою для безпечності харчових продуктів. Вона спричиняється продуктами життєдіяльності бактерій, грибів та вірусів. Мікробіологічна безпека є специфічною для багатьох видів сировини і харчових продуктів. Продукція, що має природні або додані консерванти та низьку активність води, стійка до мікробіологічних ушкоджень. Найбільшу загрозу являє собою патогенна мікрофлора, яка може стати джерелом захворювань людей.

Для характеристики мікробіологічної безпеки харчової продукції, в нормативних документах харчового законодавства встановлюються гігієнічні нормативи, які характеризують загальне мікробне забруднення та наявність певних форм мікроорганізмів. У більшості видів сировини і харчових продуктів **мікробіологічний контроль здійснюється за такими формами мікрофлори**: патогенні, в тому числі патогенні; плісняві гриби та дріжджі; індикаторні – тестові, санітарно-показові мікроорганізми.



До найбільш небезпечних відносяться окремі патогенні форми клостридій, бацил, бруцел, кампілобактерій, сальмонел, стафілококів, стрептококів, ешеріхій, вібріонів. До умовно-патогенних відносяться бактерії кишкових паличок, протей, сульфитредукуючих клостридій, стафілококи. Особливу небезпеку для харчових продуктів створюють бактерії родів *Bacillus* та *Clostridium*, які мають здатність швидко утворювати спори. Спори дуже стійкі до екстремальних температур, низької вологості та водної активності, до консервуючих та дезінфікуючих факторів. Вони можуть зберігати свою життєздатність протягом тривалого часу, а за сприятливих умов проростають і утворюють нормальні вегетативні форми.

Звичайний мікробіологічний контроль на харчових виробництвах проводиться на наявність та вміст індикаторних – тестових форм, таких як бактерії групи кишкових паличок (колі формні) та ешеріхія колі. Вони легко виявляються та добре відрізняються від інших форм. Самі вони не являються безпосередньо небезпечними, але вони завжди присутні при наявності патогенів і в такій же самій кількості.

Більшість видів дріжджів та пліснявих грибів призводять до псування харчової продукції та непридатності її до використання через процеси бродіння та пліснявіння.

Мікотоксини – продукти життєдіяльності мікроскопічних грибів.

Віруси, що знаходяться в харчовій сировині і продуктах, можуть бути джерелом захворювань людини. Але вони можуть розмножуватись тільки в живих клітинах, тому харчова сировина і продукти слугують лише переносниками тих вірусів, якими їх забруднюють хворі люди або тварини.

Паразитарна безпека харчової продукції характеризується відсутністю або видовим складом та кількістю наявних паразитів і найпростіших. Показники паразитарної безпеки, встановлюються в першу чергу для живої сировини – риби і рибопродуктів, м'яса і м'ясопродуктів, свіжих та заморожених плодів, ягід, овочів, зелених культур. Деякі з гельмінтів та кишкових найпростіших, що паразитують у живих тварин, можуть розвиватися в організмі людини і викликати важкі захворювання. До найбільш поширених небезпечних для людини паразитів відносяться трихінели, ехінококи, цисти і цистицерки, токоплазми, саркоцисти, нематоди, трематоди і цестоди.

З метою забезпечення паразитарної безпеки харчової продукції на підприємствах, що переробляють м'ясу, рибу та іншу водну сировину, встановлюється необхідний контроль. Сировина, що уражена паразитами в межах допустимих рівнів, може використовуватись за вказівками органів санітарного нагляду з певними обмеженнями. У випадках зараження особливо небезпечними паразитами або понад допустимі рівні, використання сировини забороняється. Така сировина підлягає знищенню.

Безпека від уражень шкідниками характеризується відсутністю або рівнем зараження харчової продукції комахо видними та миловидними шкідниками. Заражена продукція швидко псується, суттєво знижує свої технологічні та споживчі властивості. Крім того, вона може бути джерелом деяких захворювань, що переносяться шкідниками, особливо миловидними.

Для підвищення безпеки харчових продуктів необхідно суворо дотримуватись вимог санітарного режиму – миття, прибирання, чищення приміщень, тари, обладнання.

### **Хімічна безпека харчових продуктів**

Хімічна безпека обумовлюється відсутністю або нормуванням вмісту в харчовій продукції шкідливих хімічних речовин. До небезпечних хімічних речовин відноситься значна кількість речовин різної природи та походження. Вони поділяються на **природні і додані**. До **природних** відносяться ті речовини, що утворюються в продукції природним шляхом та під впливом технологічних процесів обробки, транспортування і зберігання. ***Представниками цієї групи є*** – мікотоксини, рослинні отрути, токсини риби та молюсків, алергени, продукти розкладу білків і окислення жирів та багато ін. ***Доданими є речовини***, що навмисно вводяться до складу продукції або ненавмисно потрапляють до неї через забруднення з навколишнього середовища, з таропакувальних матеріалів, технологічного обладнання, та ін. шляхами. ***До них відносяться*** – пестициди, нітрати і нітрити, важкі метали, антибіотики і гормональні препарати, харчові добавки, дезінфікуючі засоби, отрутохімікати проти шкідників, хімікати для водоочищення, захисні покриття та фарби, мастила тощо.

До **мікотоксинів**, які продукуються пліснявими грибами, відносяться, – афлотоксини, фузаріотоксини, патулін, зеараленон.

**До отруйних речовин рослин і тварин** відносяться речовини, які мають різну хімічну природу і різну ступінь токсичності.

**Глікозиди** – це сполуки, що утворені цурками (пентози і гексози) з речовинами не вуглеводної природи (фенольні сполуки, алкалоїди, альдегіди). Деякі з них містять у своєму складі залишок синильної кислоти. Так, у ядрі кісточкових плоді (вишня, черешня, абрикоси, сливи, мигдаль, алича) міститься ціаногенний глікозид амігдалін. При тривалому зберіганні або під дією ферменту емульсина в організмі людини він руйнується з виділенням вільної синильної кислоти. В бобах білої квасолі міститься ліномарин, який також є ціаногенним глікозидом.

**Соланіни або глікоалкалоїди** є похідними цукрів і складних гетеро циклів стероїдної природи. Вони накопичуються в паростках та позеленілих бульбах картоплі, в шкірках зелених томатів та баклажанів. Токсичною дозою для дорослої людини є 0,02-0,03 %. При зберіганні та при термічній обробці саломонін руйнується.

**Лектини** похідні цукрів і складних білків (глікопротехди). Вони зустрічаються у бобових культурах – сої, квасолі, бобах, в арахісі, олійному насінні – рапс, бавовник, кліщовина. При термічній обробці вони руйнуються і їхня токсичність зникає. У квасолі і бобах, поряд з лектинами, містяться **гемагглютеніни** – речовини білкової природи, які викликають злипання у агрегати червоних кров'яних тілець крові.

**Алергени** – це переважно білкові речовини, які для організму людини чужорідні. Через порушення у деяких осіб процесів травлення і всмоктування

вони можуть потрапляти у кров'яне русло у нерозщепленому вигляді і спричиняти аліментарну тобто харчову алергію. Найчастіше алергічну реакцію викликають яєчні білки, молочні продукти, риба та молюски (особливо креветки), томати і томат-продукти, цитрусові, баштанні, полуниця, шоколад та ін. продукти.

**У сировині тваринного походження** отруйними речовинами частіше за все бувають токсичні білки, їх похідні, аміни, продукти окислення жирів та інші метаболіти. Теплова обробка білкової сировини у лужному середовищі призводять до рацемізації амінокислот та утворення їх токсичних димерів.

При нагріванні жировмісної і білкової сировини або термічної обробки, в олії відбувається утворення і накопичення продуктів окислення та полімеризації жирів – гідроокси-, епокси- та пероксисполук. При копченні димовими методами в м'ясних і рибних продуктах синтезуються поліцеклічні ароматичні вуглеводні – бензпірени, бензантрацени, похідні фенантрена, хрізена, які є чужерідними для організму людини, мають чітко виражену канцерогенну та мутагенну дію.

Більш різноманітною і чисельною є **група доданих небезпечних хімічних чинників**: пестицидів, нітратів, важких металів, антибіотиків, харчових добавок тощо.

### **Пестициди, нітрати та нітроти**

**Пестициди** – це хімічні речовини, які широко використовуються у сільському господарстві для захисту рослин і тварин від хвороб та шкідників. Їх застосування дає можливість збільшити продуктивність культур у 2-3 рази та на третину зменшити втрати врожаю. Але у переважній більшості пестициди шкідливі для організму людини і тварин, тому їх виробництво, обіг та використання жорстко нормуються.

В залежності від різних чинників **пестициди класифікують** на класи, групи, підгрупи та види:

– **за призначенням**: **бактерициди** – для боротьби з бактеріями; **фунгіциди** – з грибовими хворобами; **нематоциди** – з круглими червами (нематодами); **зооциди** – з гризунами; **гербіциди** – з бур'янами; **акарициди** – з кліщами;

**дефоліанти** – для видалення листя; **десіканти** – для висушування рослин та ін.;

– **за хімічним складом**: **хлорорганічні, фосфороорганічні, ртутьорганічні, сірковмісні, мідьвмісні, похідні оцтової та масляної кислот, похідні сечовини, карбамінової та тіокарбамінової кислот** тощо;

– **за стійкістю у часі**: **дуже стійкі** – час розпаду на нетоксичні компоненти більше 2-х років, **стійкі** – від 6 місяців до 2-х років, **помірно стійкі** – від 1 до 6 місяців, **нестійкі** – до 1 місяця;

– **за ступенем токсичності**: **високотоксичні, токсичні, середньотоксичні, малотоксичні**;

– **за фізичним станом**: **дусти** – порошки, що не змочуються водою, **порошки, концентровані емульсії, пасти, розчини**;

– **за способом дії**: **контактні** – ті, що діють при безпосередньому зовнішньому контакті, **системні** – діють при потраплянні в організм шкідника;

– за здатністю до накопичення в організмі людини: **надакумулятивні** – мають дуже високу здатність, **високооакумулятивні, середньооакумулятивні, малооакумулятивні.**

**Пряме забруднення** – це потрапляння пестицидів до продукції при безпосередній обробці цими препаратами під час вирощування, зберігання, транспортування та переробки. **Опосередковане** – забруднення через повітря, ґрунти, воду, корми, таропакувальні матеріали, шляхом міграції тощо. **Залишкова кількість** пестицидів у сировині і готовій продукції залежить від властивостей пестицидів – стійкості, розчинності, фізичного стану та ін., від властивостей сировини і продукції – форми, щільності, стану поверхні та ін., від норми та кратності обробки, способу обробки і терміну після останньої обробки, кліматичних, ґрунтових та метеорологічних умов.

В Україні дозволені до використання близько 300 видів препаратів. Найбільшого поширення набули хлор- та фосфороорганічні сполуки.

Вживання продуктів, забруднених понад допустимі норми не допускається. Використання таких продуктів можливо тільки за рекомендаціями органу санітарного нагляду. **Сировину з надлишковим вмістом пестицидів необхідно обробляти і використовувати для переробки тільки на певні продукти.**

У зв'язку з тим, що більшість **хлорорганічних пестицидів** погано або зовсім не розчиняється у воді. В сировині вони переважно локалізуються на поверхні. Тому зменшенню їх вмісту сприяє ретельне миття, видалення покривного листя, луски, шкірочки. Основними напрямками переробки такої сировини є виготовлення соків, вина, фруктових та овочевих консервів без шкірочки, сушеної продукції, крохмалю та ін. продуктів тривалого зберігання. Кількість пестицидів у харчових продуктах поступово зменшується і тому вони через певний час (від 2-х місяців до 2-х років) стають безпечними.

**Фосфорорганічні пестициди** є нестійкими і під дією температури, сонячного опромінення, рН середовища, швидко розкладаються. Тому через короткий час – від 2-х діб до 2-х місяців сировина і продукти стають безпечними. Фосфорорганічні пестициди є нестійкими до теплової обробки, тому основними методами обробки забрудненої сировини є виготовлення фруктових та овочевих консервів, сушеної продукції, м'ясних, рибних, молочних консервів, ковбасних виробів. При неможливості такої переробки, сировину ретельно миють теплою водою або лужними розчинами, видаляють шкірку, качани, коріння тощо. Якщо очищення неможливе або не дає позитивних результатів, сировину використовують на корми та в технічних цілях. Сировину, яка забруднена фосфорорганічними сполуками не рекомендується переробляти квашенням, маринуванням, солінням, тому що в кислому середовищі їх стійкість зростає.

**Мідь-, ртуть- та сірковмісні пестициди** використовуються значно менше, тому що вони більш токсичні, більш стійкі та мають менший спектр дії. Але для окремих видів сировини – зерно, плоди, ягоди, вони найбільш ефективні. Для людини вони найбільш небезпечні, тому їх обсяг суворо регламентується. Продовольча сировина, що надходить на переробні

підприємства, повинна мати санітарно-гігієнічний сертифікат, в якому взують застосовані пестициди, концентрацію і норму витрат, спосіб і дату обробки.

**Нітрати та нітрити** – це солі азотної та азотистої кислот, які потрапляють у продовольчу сировину і продукти через надмірне внесення азотних добрив, а також через екологічне забруднення викидами промислових підприємств. У м'ясні продукти нітрити додають для забезпечення і стабілізації кольору. Їх кількість суворо нормується.

Нітрати малотоксичні речовини. Тільки при значному перевищенні гранично допустимих норм, вони порушують діяльність центральної нервової, серцево-судинної та ендокринної систем, заважають засвоєнню вітаміну А.

При надмірних кількостях у організмі людини, під дією ферментів денітрифікуючих бактерій, вони перетворюються у дуже токсичні речовини – нітрити, які перетворюють гемоглобін крові в метгемоглобін, який втрачає здатність переносити кисень. Тому при отруєннях нітритами з'являються ознаки задухи, тобто синюшність.

Крім того, нітрити легко вступають у взаємодію з амінокислотами і вторинними амінами з утворенням нітросо амінів, які мають чітко виражену канцерогенну і тератогенну дію.

Під час зберігання більшості видів сировини вміст нітратів зменшується, але в окремих видах він лишається незмінним – цибуля, редиска, або навіть збільшується – зелень, морква.

В процесі технологічної обробки – миття, бланшування, відварювання, обсмажування, стерилізація, вміст нітратів зменшується за рахунок їх екстрагування та перетворення. Ефективними методами переробки є квашення, маринування, соління овочевої сировини. Тому відвари, екстракти, маринади, розсоли не можна використовувати на харчові цілі. Сировина, яка містить нітратів значно більше гранично допустимої норми на переробку не приймається.

**Солі важких металів і металоїди** потрапляють в організм людини з їжею, повітрям, водою і можуть спричинити навіть у обмеженій концентрації важкі захворювання, такі як злоякісні пухлини, мутація і виникнення дуже тяжких фізичних і психічних вад. Експериментально доказана токсична дія двох десятків елементів, з яких особлива увага приділяється вмісту в харчовій продукції ртуті, свинцю, кадмію, миш'яку, міді, цинку, олова, хрому, кобальту, нікелю, марганцю та ін. мікроелементів. За рівнем токсичної дії важкі метали поділяють на три класи. **До першого, найбільш небезпечного класу відносять** кадмій, ртуть, свинець, миш'як, кобальт, нікель. **До другого класу** відносяться мідь, цинк і марганець, які вважаються помірно токсичними. Всі інші важкі токсичні елементи **складають третій**, малотоксичний клас. У харчових продуктах і сировині діючим законодавством нормується тільки кадмій, ртуть, мідь, свинець, цинк, олово, миш'як та залізо.

#### **Токсичні забруднення антибіотиками, гормональними препаратами та іншими хімічними речовинами**

Забруднення антибіотиками, гормональними препаратами та іншими ветеринарними препаратами характерне для сировини та продуктів тваринного

походження. Надмірне або тривале споживання таких продуктів спричиняє різні захворювання, зниження природного імунітету, алергічні реакції. До цієї групи препаратів відносяться антибіотики, сульфаніламідні, нітрофурані, антигельмінтні та ін. ветеринарні лікувальні препарати, гормональні стимулятори росту, транквілізатори. Крім цих препаратів, джерелом хімічного забруднення продовольчої сировини та харчових продуктів можуть бути речовини, що використовуються у виробництві для технічного обслуговування, дезінфекції, пакування, маркування тощо. Це дезінфектанти, мастила, фарби, захисні покриття, пластмаси, хімікати для водо- та пароочищення, отрутохімікати для боротьби з шкідниками та ін.

**Антибіотики** є речовинами з антибактеріальною дією. Вони можуть бути природного і біотехнологічного походження. **Природні антибіотики** – фітонциди і фітоалексини, містяться в багатьох видах рослинної сировини – цибуля, часник, хрін, прянощі, ефірно-олійне насіння, деякі фрукти тощо. Але їх вміст у рослинах дуже незначний, а тому для промислового використання антибіотики отримують **методами біотехнології** – шляхом культивування певних видів мікроорганізмів, переважно пліснявих грибів. Антибіотики широко використовують у тваринництві та птахівництві для профілактики і лікування інфекційних захворювань, для стимуляції росту, підвищення продуктивності тварин, для збереження від псування та підвищення засвоюваності кормів. Лікувальні антибіотики – пеніцилін та його похідні, група тетрациклінів, левоміцетин, стрептоміцин, ампіцилін та ін., кормові – гризін, бацитрацин та цинкобацитрацин. Більшість з антибіотиків швидко виводить з організму тварин, але при порушенні правил і термінів їх застосування. Вони можуть накопичуватись в сировині – м'ясо, субпродукти, молоко, яйця, і переходити до складу готової продукції в кількості, що становить загрозу для споживачів. Забруднення антибіотиками продуктів викликають алергію, розлади центральної нервової системи і ендокринних систем та ін. Забруднення антибіотиками суттєво впливає на технологічні процеси переробки, в яких використовуються корисна мікрофлора – соління, бродіння, дозрівання. В молоці вони пригнічують розвиток молочнокислих бактерій, порушують процес сичужного згортання.

**Сульфаніламідні препарати** також мають антимікробну дію і їх використовують для профілактики та лікування тварин. Вони здатні накопичуватись в організмі тварин, стійкі до теплових процесів, а тому потрапляють з м'ясом, рибою, яйцями до готової продукції і можуть негативно впливати на організм людини. **Серед дозволених до використання сульфаніламідів** широке застосування в ветеринарії знайшли стрептоцид, норсульфазол, сульфадимезин, сульфазін, сульфадиметоксин, фталазол, етазол та ін.

**Гормональні препарати** використовують у тваринництві і птахівництві для прискорення росту і збільшення товарної маси, прискорення та подовження продуктивного періоду, поліпшення засвоювання кормів. Вони накопичуються в організмі тварин і потрапляють до продуктів харчування, порушує обмін речовин.

### **Безпека харчування, яка пов'язана з компонентами упаковки**

Проблема упакування харчових продуктів є настільки складною, що виникла окрема галузь промисловості – її виробництво, а разом із нею – спеціалізована технічна галузь – пакувальна техніка. Складність цієї проблеми пояснюється загальними вимогами, які висувають до упаковки – не токсичність, сумісність із визначеними продуктами, гігієнічність, збереження волого- і жировмісту, збереження газових компонентів і запаху, світлозахист, стійкість до ударів і грубого використання, прозорість, стійкість до стискання, легкість відкривання, доступ до продукту, здатність повторно закриватися, обмеження розміру, маси і форми, зовнішній вигляд і здатність нести друковану інформацію, вартість, врахування потреби охорони навколишнього середовища – легкість знищення і біологічного розкладення, особливі характеристики.

### **Сучасний розвиток споживчої упаковки**

Сучасна упаковка – це обов'язковий компонент розвинутого промислового і сільськогосподарського виробництва. Стан розвитку упаковки, її якісна характеристика значною мірою є показником культури виробництва в окремих регіонах і державах. В якості пакувальних матеріалів використовують папір, картон, скло, метал, різні полімерні матеріали. В теперішній час помітно підвищується роль полімерної і комбінованої тари. Високі захисні властивості, технологічність, зручність у застосуванні дають можливість полімерним матеріалам конкурувати з традиційними.

В природі не існує універсального пакувального матеріалу. В залежності від пакованого продукту або виробу одна і та ж властивість упаковки може бути корисною і шкідливою. Наприклад, прозорість упаковки в ряді випадків необхідна, щоб візуально оцінити або проконтролювати якість виробу чи продукту, але вона не бажана для продуктів, які чутливі до впливу світла тобто ультрафіолетового випромінювання. Іншим прикладом може бути газопроникність упаковки. У багатьох випадках вона повинна бути мінімальною, бо під впливом кисню відбувається псування продуктів або корозія виробів. Проте у випадку упаковки фізіологічно активних продуктів – свіжі фрукти, овочі, ягоди, які потребують постійного надходження кисню і видалення вуглекислоти, вона не тільки бажана, але й необхідна.

Аналіз вітчизняного і закордонного досвіду використання традиційних і нових пакувальних матеріалів показав, що кожен з них має свою сферу використання, а оптимальне співвідношення між ними постійно змінюється в залежності від різних факторів, до головних з яких відноситься кон'єктура на ринку упаковки, економічна і екологічна характеристики. Основні тенденції розвитку окремих видів упаковки, їх екологічні характеристики і форми застосування свідчать про великі можливості полімерних упаковок.

Співвідношення між окремими видами упаковок у різних країнах постійно змінюється, але є всі підстави вважати, що найближчим часом оптимальним буде такий поділ: полімерні матеріали – 40...50 %, папір і картон – 30...40 %, метал – 10...15 %, скло – 5...10 %. Оцінюючи сучасні напрямки розвитку споживчих полімерних і комбінованих упаковок, необхідно в першу

чергу звернути увагу на їх бар'єрні властивості, тобто на газо-, аромато-, паронепроникненість. Як найбільш ефективний метод виготовлення високобар'єрних пакувальних матеріалів, визнано введення до складу полімерних матеріалів шару тонкої (8-10 мкм) алюмінієвої фольги. Значного поширення набув економічний спосіб металізації полімерних плівок - поліетилентеренфталатних, поліолефінових, поліамідних. Значного посилення бар'єрних властивостей пакувальних матеріалів можна досягти шляхом нанесення покриття з силіцій оксиду та високодисперсної слюди.

Експлуатаційні властивості – друга важлива характеристика сучасної упаковки. Вона повинна бути зручною, «швидкою», «активною». Це характеризує їх технологічність, зручність при використанні. Посуд повинен розкриватися легко і швидко.

Особливе значення має упаковка харчових продуктів, яка дає змогу швидко здійснювати нагрів продукту мікрохвильовим обладнанням. Нині 80 % споживачів США мають домашні мікрохвильові печі, а в Японії, Великобританії та інших розвинених країнах – не менше 50 %. Тому сучасна упаковка повинна бути прозорою до мікрохвиль. Більш того, у склад упаковки часто вводять високодисперсні частки алюмінію, нержавіючої сталі, сплавів, які інтенсифікують мікрохвильовий нагрів, що дуже важливо під час смаження або випікання продуктів в упаковці за допомогою мікрохвиль.

Інші види «активної» упаковки можуть містити у своєму складі різні добавки, : антиокислювачі, вологовбирачі, консерванти, антикорозійні добавки, стабілізатори.

Упаковка активно впливає на продукт під час його зберігання. Наприклад, внаслідок селективної проникності плівкових пакувальних матеріалів у ряді випадків здійснюється регулювання газового складу всередині упаковки, підтримується оптимальне співвідношення  $O_2/CO_2$ , що дуже важливо під час зберігання фізіологічних об'єктів: свіжих овочів, фруктів, ягід, грибів, квітів.

### **Компоненти упаковки**

**Клеї для упаковки.** Склеюючі речовини застосовуються під час виготовлення таких видів пакувальних матеріалів, як гнучкі пакети. Зменшення маси й трудових затрат, легкість з технологічної точки зору використання гнучкої фольги і плівки призвели до широкого використання їх для упаковки приправ та інших продуктів подібного типу. Розробка гнучких пакетів для продуктів, які потребують стерильної обробки, призвела до ще більшого поширення нових видів упаковки. Клеї відносять до допоміжних пакувальних матеріалів.

У пакувальному виробництві використовують тільки ті види клеїв, які відповідають наступним вимогам: надійність утвореної клейової сполуки, придатність до використання на існуючому обладнанні, простота у застосуванні, відсутність токсичності, стабільність властивостей у часі.

Клеї широко застосовуються при сполученні деталей паперової, картонної, дерев'яної, металевої, полімерної упаковки, в процесах її обробки та



декорування. За призначення клеї можна поділити на дві групи: для виготовлення упаковки і для виготовлення пакувальних матеріалів.

За походженням клеї, як і інші допоміжні пакувальні матеріали, можна поділити на природні, синтетичні і комбіновані (природно-синтетичні).

Природні клеї можуть бути рослинного і тваринного походження. До рослинних відносять – крохмальні, декстринові, латексні (на основі природного каучуку) та ін.. До тваринних відносяться казеїнові, кісткові, міздрові та ін.. Клеї проривного походження доступні, дешеві, екологічно безпечні. Наприклад, клей, який призначений для наклеювання паперової етикетки на скляну тару, виготовлений на основі крохмалю (рослинна сировина) і казеїну (тваринна сировина).

Синтетичні пакувальні клеї поділяють на неорганічні, термореактивні, термопластичні, еластомірні та ін.. Наприклад, синтетичний пакувальний клей – це клей на основі силікату натрію. Його використовують під час виробництва гофрованого картону для склеювання картонної і паперової тари. Термореактивні клеї є розчинами різних полімерів або їх сумішей. До них відносять речовини резольних, фенолформальдегідних смол із полівінілацеталами, поліамідами та ін.

Термопластичні клеї – це композиції на основі співполімерів етилену, похідних акрилової та метакрилової кислот, поліамідів, похідних полівенілового спирту, поліізобутилену і різних канчуків. Термопластичні клеї призначені для наклеювання паперової етикетки на полімерну (поліетиленову, полівінілхлоридну, Полістирольну, поліпропіленову), скляну, жерстяну тару. Різновид термопластичних клеїв - еластомірні клеї, у складі яких є похідні канчуків. Такі клейові композиції призначені для склеювання картонних пачок, коробок, наклеювання етикеток тощо. До еластомірних клеїв відносять липкі клеї, які застосовують для виготовлення липких стрічок.

За консистенцією клеї поділяють на рідкі, пастоподібні, порошкоподібні, гранульовані (нитки, прутки) та ін..

Рідкі і пастоподібні пакувальні клеї найбільш широко використовуються у промисловості для виробництва картону, паперу, фанери, деревостружкових і деревно-волокнистих плит, комбінованих плівок (папір-полімер, папір-фольга та ін..), липких стрічок, самоклеючих етикеток, виготовлення тари і упаковки – склеювання картонних ящиків, коробок, пачок, етикетування скляної, полімерної, металевої, картонної, паперової та інших видів тари, сполучення окремих елементів полімерної, металевої, картонної та інших видів упаковки. До рідких клеїв відноситься і силікатний клей.

Нині у пакувальному виробництві застосовують тверді клеї – розплави, які можуть випускатися у вигляді порошку, гранул, мати конфігурацію ниток, прутів. Клеї розплави мають цілий ряд переваг – швидке згущування, високу адгезію, відсутність води і розчинників, широкий інтервал температур і властивостей, гігієнічність, стійкість до старіння, дії води і кислот, широке регулювання в'язкості, оборотність стану, високі тепло- і морозостійкість, зручність транспортування і зберігання. Клеї-розплави призначені для етикетування полімерної тари.

### Радіаційна небезпека

**Радіація або іонізуюче випромінювання** – це електромагнітне рентгенівське або гамма-випромінювання та корпускулярне випромінювання – альфа, бета-, протони, нейтрони. Радіація потрапляє в організм людини двома шляхами: ззовні – з природного оточення ( сонячне випромінювання, земля, вода, повітря і штучних джерел - рентгенівське дослідження, а також зсередини – з їжею і питною водою.

Земну радіацію створюють радіоактивні елементи, які містяться в надрах, природному газі, будівельних матеріалах, продуктах харчування, воді, повітрі. Внаслідок розпаду природних елементів і утворення нових природних продуктів на кожному етапі розвитку Землі формувалася певний радіаційний фон, який забезпечував виникнення і розвиток флори і фауни. Деякі вчені вважають, що своєю еволюцією людина завдячує підвищеній природній радіації. Третина території нашої країни розташована над Українським кристалічним щитом – геологічним утворенням вулканічного походження, яке містить високорадіоактивні породи. У місцях наближення або виходу на поверхню Землі вони утворюють території з високою природною радіоактивністю – так звані радіонуклідні аномалії. Такі аномалії є в Київській, Житомирській, Кіровоградській областях та в Криму, де традиційно існує підвищений природний фон.

**Радіаційний фон** – це іонізуюче випромінювання від природних джерел земного і космічного походження, а також від штучних радіонуклідів, розсіяних у біосфері внаслідок діяльності людини. Оскільки позбутися радіаційного фону неможливо, то велику увагу необхідно приділяти адаптації населення до умов проживання на території, що зазнала радіаційного забруднення.

**Основні джерела** опромінення людини поділяються на **природні** – Земля і космічна радіація, і **штучні** – ядерні вибухи в атмосфері, використання радіації у медицині, атомна енергетика. Найбільша частина припадає на медичне опромінювання – 51,5 %, природний радіаційний фон забезпечує 43,4 %, ядерні випробування – 2,5 %, будівельні матеріали – 2,0 %, атомна енергетика 0,06 %, польоти на авіалайнерах – 0,03, телевізори – 0,28 %. Крім того штучні радіоактивні продукти розсіюються по Землі нерівномірно, що пов'язано з переносом повітряних мас в атмосфері. Основна частка радіоактивних опадів припадає на північну півкулю. Вміст  $^{90}\text{Sr}$  приблизно в 7 разів більший, ніж у південній. Природні радіонукліди поділяють на 2 групи – радіонукліди, які безперервно утворюються під час взаємодії космічного випромінювання з ядрами атомів в атмосфері і земній корі і радіонукліди, які присутні в навколишньому середовищі з моменту утворення Землі (радон і торій), а також продукти їх розпаду. Крім того в атмосферному повітрі є велика кількість земних радіонуклідів у вигляді аерозолів і газів. Питома радіоактивність природних радіонуклідів у ґрунті залежить від активності гірських порід, сорбції радіонуклідів ґрунтами. У наслідок діяльності людини **рівень природних радіонуклідів** у навколишньому середовищі **підвищується над природним фоном. Це перевищення називають забрудненням. До основних джерел забруднення, крім штучних, відносяться забруднені**

мінеральні добрива і підприємства, що їх виробляють, будівельні матеріали, стічні води рудників, газоаерозольні викиди в атмосферу продуктів спалювання палива. Серед мінеральних добрив найбільше природних радіонуклідів міститься у фосфатних добривах. **Штучні джерела радіації** поділяють на такі, що забруднюють і не забруднюють довкілля. До першої групи відносять – випробовування ядерної зброї, промислові ядерні вибухи, підприємства ядерної енергетики, до другої – джерела випромінювання які використовуються в медицині і деякі споживчі товари.

Із ґрунту радіонукліди потрапляють у рослини і далі по харчових ланцюгах – до організму людини. Серед більш ніж 200 радіонуклідів, які утворюються в результаті ядерного розпаду, найбільшу небезпеку становлять ті, які довго живіть. Це цезій-137, період напіврозпаду якого 30 років, і стронцій-90, з періодом напіврозпаду 28,6 років. Вони проникають у кров і поширюються по всіх клітинах організму. Стронцій 90 накопичується в кістковій тканині, особливо у дітей. Вважається кровотворення, можуть виникнути злякисні переродження крові – лейкози. Основна частина цезію-137 осідає в м'язах. При постійному надходженні з їжею кількість стронцію і цезію в організмі поступово збільшується.