

## ЛЕКЦІЯ 1

### Вступ. Біохімія лактогенезу та лактопоезу.

1. Історія виникнення біохімії молока як науки.
2. Розвиток молочних залоз у ссавців.
3. Молоко – полідисперсна система.
4. Хімічний склад молока.
5. Біохімія лактогенезу та лактопоезу

Література:

1. **Цехмістренко С.І.** Біохімія молока та молокопродуктів: навч. посібник / С.І.Цехмістренко, О.І.Кононський . – Біла Церква, 2014. – 168 с.
2. **Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І.** Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник. Житомир. – Вид-во ЖДУ Ім.. І.Франка 2013, - 208 с

#### 1. Історія виникнення біохімії молока як науки.

Великий вплив на розвиток біохімії молока як науки про молоко мали дослідження вчених **І.П.Павлова і І.І.Мечнікова**.

**І.П.Павловим** (1849–1936) вперше дано пояснення легкого перетравлення та засвоюваності складових частин молока та молочних продуктів. Йому належить вираз: «Молоко – продукт приготований самою природою», що підкреслює харчову цінність молока.

**І.І.Мечніков** (1845 – 1916) займаючись питаннями довголіття, першим звернув увагу на лікувальні та дієтичні властивості кисломолочних продуктів, які знайшли підтвердження і в даний час.

Початок систематичного вивчення властивостей молока та молочних продуктів поклав **А.А.Калантар** (1859 – 1937), який вважається **основоположником вітчизняної молочної справи**. Він займався вивченням процесу виготовлення швейцарського сиру, використанням при його виробництві солей кальцію, розробив формули для розрахунку сухих речовин молока і ін.. А. А. Калантар вів велику педагогічну роботу у Тімірязевській С-г. академії, а потім в Єреванському зооветеринарному інституті.

У Радянський час біохімія молока (хімія молока) як наука була створена проф. Г.С. Ініховим і Я.С. Зайковським. Першому належить чисельні дослідження складу і властивостей молока та молочних продуктів, розроблені методики контролю якості сировини та готових молочних продуктів. Г.С. Ініховим написані (1922 – 1926 рр.) перші підручники «Хімія молока» і «Аналіз молока». У подальшому підручники по біохімії молока і молочних продуктів та практичне керівництво по методах аналізу молока і молочних продуктів перевидавались багато разів.

Я.С. Зайковський займався вивченням складу, фізико-хімічних властивостей молока, вивчав хімізм сичужного звертання білків молока, розробив теорію масла утворення і ін..

Великий внесок у справу розвитку біохімії молока вніс професор С.В. Паращук (1873 – 1950). Він вивчав вплив кормів на склад і властивості молока і масла, властивості сичужного ферменту і пепсину. Він перший розробив основи

технологій дитячих лікувальних і дієтичних молочних продуктів та організував їх виробництво вперше в СРСР

Розвитку біохімії молока як науки сприяли праці: А.П. Білоусова, Д.А. Граннікова, Р.Б. Давидова, З.Х. Диланяна, П.Ф. Дьяченко, М.М. Казанського, І.І. Клімовського, М.С. Коваленко, А.І. Овчинникова, А.І. Чеботарева і ін..

Плідно працює в Україні над проблемами розвитку питань біохімії колектив Інституту продовольчих ресурсів Української академії аграрних наук (колишній Український НДІ м'ясної і молочної промисловості, який довгий час працював під керівництвом академіка Г.О. Єреська).

Близько чверті століття присвятив вивченню проблем молока, доктор ветеринарних наук В.І.Хоменко. Він здійснив фундаментальний науковий аналіз проблем виробництва молока і молочних продуктів високої санітарної якості. Розробив понад 50 нормативно-технічних документів

## **2.Розвиток молочних залоз у ссавців.**

Розвиток молочної залози починається на самих ранніх етапах ембріогенезу.

У процесі росту і розвитку до початку утворення молока у залозах відбуваються значні зміни і в цих змінах головну роль відіграють нервова та гормональна системи. Ці системи сильно впливають не тільки на ріст і розвиток молочної залози, але і на її інволюцію.

У окремих видів тварин молочна залоза розділена на різну кількість часток. Вим'я корови складається із чотирьох часток; у кобиліці, вівці і кози -із двох половин; у свині - з 8-16 залозистих пакетів, симетрично розташованих по бокам білої лінії від лонної кістки до грудини.

Морфогенез молочної залози непостійний і залежить як від видової приналежності тварини, так і від віку, кількості лактацій та інших внутрішніх і зовнішніх факторів, хоч у цілому він властивий усім ссавцям. Внутрішньоємбріональне закладання молочних залоз у всіх ссавців відбувається на 3-4 тижні розвитку.

Молочні залози зародка ссавців розвиваються з ектодермального одношарового епітелію, котрий потім стає двошаровим. Слід відзначити, що зародки молочної залози (лінії або смуги) однакові у всіх. У процесі розвитку довжина смуг у тварин поступово зменшується, вони стають переривчастими, утворюють ряд ектодермальних ущільнень або так званих горбиків, кількість яких і розташування залежать від виду тварини.

У зародків корови, кобили, вівці та інших тварин, у яких кількість залоз не більше чотирьох, горбики зберігаються лише позаду пупка у паховій області.

Епітеліальні клітини молочних горбиків інтенсивно розвиваються, опускаються у клітини тканин, що їх оточують і перетворюються у бруньки - первинну структуру майбутніх молочних залоз. Потім, розростаються, мезенхіма дає початок майбутнім сполучній та жировій тканинам молочної залози. Вже на ранніх стадіях розвитку спостерігаються різні співвідношення епітеліальної частини зародку і мезенхіми. З часом

епітеліальні клітини, продовжуючи розростатись, уростають у оточуючу сполучну тканину одним або декількома тяжами. Із цих тяжів розвиваються складні залози з протоками і ходами.

Розвиток різних тканин молочної залози у часі відбувається неоднаково. Зокрема, у телиць великої рогатої худоби зачатки майбутньої жирової тканини з'являються на другому місяці розвитку ембріону, коли у інших частинах тіла вона ще відсутня. У бичків жирова тканина з'являється значно пізніше і не досягає такого розвитку, як у телиць.

Слід відзначити, що вже у 3-місячного зародка телиці у механізмі вимені, яке розвивається знаходиться дуже велике скупчення жирових клітин - жирові островки, які пізніше перетворюються у суцільну жирову тканину вимені.

Розвиток сосків у тварин відбувається двома шляхами. У корови, кобили, свині і собаки соски розвиваються за рахунок мезенхіми, яка лежить під горбиком. За цих умов епітелій горбику, який уростає і називається залозистим полем, здійснює стимулюючу дію на мезенхіму, яка лежить під ним. Вона підсилено розростається, випинається і перетворюється у сполучну тканину і таким чином піднімає доверху усе залозисте поле з утворенням соска. У цей же період у соску починають закладатися кровоносні судини і нерви. Одночасно з розвитком соска з верхньої його сторони відбувається випинання епітеліальних клітин, які утворюють вирости у виді тяжів. Кількість таких тяжів відповідає кількості молочних цистерн у соску, котра у різних видів тварин неоднакова. Зокрема, у зародків корови у кожному соску лише один епітеліальний виріст, у кобили — два і так далі. У подальшому всередині цих епітеліальних виростів з'являється щілина, яка потім перетворюється у порожнини молочних ходів і молочної цистерни.

Значні зміни молочних залоз відбуваються у зародків корови в період із 36-го до 60-го дня. У віці 90 днів довжина зародку досягає 12-14 см, а вся центральна частина соску виявляється заповненою епітеліальним виростом бруньки. У цьому віці у масі епітеліальних клітин утворюється канал, який проникає до вершини соска. У 4 місяці плід вже має довжину 22—26 см.

У 8-місячного ембріона кругом каналу утворюється пучок м'язів, які формують сфінктер соскового каналу.

У новонароджених телят молочна залоза слабо розвинена: в ній відсутні альвеоли і погано розвинена гладка мускулатура молочних проток.

До 6-місячного віку у телиць залозиста тканина має систему слаборозвинених проток і займає лише 8-10% загального об'єму вим'я. на сполучну тканину припадає 45-50%, жирову – 41-47%.

З настанням статевої зрілості починають помітно рости молочні протоки і альвеоли. До 18-місячного віку об'єм залозистої тканини збільшується до 25-30%.

Інтенсивно розвивається молочна залоза під час першої вагітності. На розвиток залозистої тканини впливає *гормон жовтого тіла – прогестерон*. На початку вагітності альвеоли дрібні, не мають порожнин. До 5-го місяця вагітності у нетелів інтенсивно розвиваються альвеоли і вивідні протоки. Об'єм залозистої тканини збільшується до 45-48%, а до отелу – до 60-66%. У вим'ї збільшується кількість кровоносних судин і нервових волокон. З початком лактації альвеоли досягають розміру 0,2-0,8мм.

*Найвищу функціональну активність має молочна залоза в перші 5-8 тижнів лактації. На 4 місяці лактації настають ознаки інволюції (зменш. площа альвеол, молочних проток), інтенсивність секреції молока падає.*

У сухостійних корів сполучна тканина розширюється, альвеоли стискаються і зменшуються майже вдвічі. Залозиста тканина частково замінюється жировою, частина молочних альвеол і проток атрофується. До кінця вагітності молочна залоза знов починає посилено розвиватися.

Позитивно впливає на розвиток молочної залози масаж вимені та рівень годівлі теличок і нетелей під час вирощування. Доведено, що під час проведення масажу нетелям 24 місячного віку (6-місячної тільності) залозиста тканина у період отелу займає 60-65%, а без нього 35-45% загального об'єму вимені.

Ріст і розвиток молочної залози знаходиться під контролем ЦНС та залоз внутрішньої секреції. Якщо провести енервацію молочної залози у нестатево-зрілої самки то ріст і розвиток її гальмується.

На ріст і розвиток молочних залоз впливають статеві гормони. Ріст протоків здійснюється під впливом естрогенів, а для розвитку альвеол потрібна наявність гормону жовтого тіла – прогестерону.

Розвиток молочних залоз залежить від гормонів гіпофізу: пролактину, соматотропіну, адренкортикотропіну, а також гормонів підшлункової та щитовидної залоз (тироксину і інсуліну), які регулюють обмін речовин в організмі. Якщо видалити гіпофіз, розвиток молочних залоз припиняється. При введенні таким тваринам гормонів передньої частки гіпофізу разом з статевими гормонами молочні залози знову починають розвиватись.

### **3. Молоко як полідисперсна система**

Молоко – це біологічна рідина, яка виробляється молочною залозою самок ссавців. Воно є повноцінною і незамінною їжею для новонароджених тварин, а також необхідне для харчування людини будь-якого віку, оскільки містить усі необхідні для життєдіяльності організму речовини.

Коров'яче молоко має білий з жовтуватим відтінком колір, своєрідний, злегка солодкуватий смак і слабкий приємний запах.

Молоко містить воду і сухі речовини (сухий залишок). Сухий залишок молока складається з жиру, білків, молочного цукру, мінеральних солей та інших речовин, які знаходяться в незначній кількості, проте мають важливу харчову цінність (вітаміни, ферменти, імунні тіла тощо).

Сухі речовини молока утворюють з водою складну полідисперсну систему.

Дисперсну систему класифікують за середнім розміром часточок дисперсної фази.

Розрізняють моно- і полідисперсні системи.

**Монодисперсні системи** складаються з часточок приблизно однакового розміру; полідисперсними називають дисперсні системи, які складаються з часточок різного ступеня дисперсності.

У молоці, як полідисперсній системі, окремі компоненти сухих речовин знаходяться в різному стані. Так, ***молочний цукор*** і значна ***частина мінеральних солей*** розчинені у водній частині молока у вигляді дрібненьких часточок розміром **1-0,5** мкм і менше та ***утворюють молекулярні й іонодисперсні розчини.*** Ці часточки не відокремлюються після фільтрування, відстоювання чи центрифугування.

***Білки*** знаходяться в ***колоїдному стані*** і мають часточки **розміром 5-100 мкм.** Крім того, білки в розчині набухають. Завдяки малій величині колоїдні часточки після набухання рівномірно розподіляються в розчиннику, в спокійному

стані молока не відстоюються і не відокремлюються простим центрифугуванням та фільтруванням, їх можна відокремити лише за допомогою ультрацентрифуги.

**Жир** розподілений у молоці у вигляді жирових кульок розміром 1-20 мкм і утворює **емульсію** (окремі жирові кульки в теплому молоці) або **суспензію** (жирові кульки в твердому стані в охолодженому молоці).

Жирові кульки досить легко відокремлюються під час відстоювання або центрифугування у вигляді вершків.

Тільки в присутності всіх компонентів у молоці створюються умови для утворення відносно стійкої колоїдної системи. При відсутності білка в молоці жир і вода можуть легко розділитися на дві фази, а при відсутності деяких мінеральних солей білок може випадати в осад.

#### 4. Хімічний склад молока.

У

молоці міститься в середньому 12,5% сухої речовини та 97,5% води. Розрізняють вільну, зв'язану, кристалізаційну воду та воду набухання. Крім кристалізаційної, всі види води мають важливе значення для молочної промисловості.

Більша частина води в молоці (96-97 %) знаходиться у вільному стані.

**Вільна вода** є розчинником органічних і неорганічних сполук молока (лактози, мінеральних елементів, кислот, ароматичних речовин і ін.). Вологу можна видаляти і шляхом заморожування, тобто вітрифікація об'єкту.

У невеликій кількості (2-3,5 %) в молоці міститься **зв'язана**, або **адсорбційна вода**. Ця вода недоступна для мікроорганізмів, тому її вміст у сухих продуктах не створює умов для їх розвитку. Зв'язують воду більшість білкових речовин, фосфатиди і полісахариди. Д. Ллойд пояснює здатність цих речовин зв'язувати воду наявністю в них гідрофільних груп – аміних, амідних, карбоксильних, гідроксильних.

**Кристалізаційна вода** ( $C_{12}H_{22}O_{11} \times H_2O$ ) – особлива форма зв'язаної води, причому в компонентах молока майже не зустрічається, за винятком молочного цукру, який кристалізується з однією молекулою води.

**Вода набухання** – знаходиться в ліофільних колоїдах, від наявності якої залежить консистенція багатьох продуктів – кислого сиру, кисломолочних продуктів, морозива тощо.

**Молочний жир.** Вміст жиру в молоці коливається від 2,8 до 5%.

Молочний жир – це суміш гліцеридів (складних ефірів гліцерину і жирних кислот).

Молочний жир відрізняється від жирів тваринного і рослинного походження за вмістом у ньому 147-150 різних жирних кислот, тоді як в інших жирах їх тільки 5-7. Більшість жирних кислот ненасичені і вони легко засвоюються організмом. Насамперед це стосується таких низькомолекулярних кислот, як масляна, капронова, каприлова і капринова. Перші три з них мають високу біологічну цінність, вміст їх становить 7-8 %, тоді як в інших жирах виявляють тільки їх сліди. У молочному жиру є деякі поліненасичені жирні кислоти – ліолева, ліоленова, арахідонова. Вважають, що ці кислоти є акцепторами кисню в регулюванні окисно-відновних процесів у клітині.

Вміст окремих жирних кислот зазнає різких коливань. Склад молочного жиру особливо залежить від виду, породи, стадії лактації тварин, раціону та пори року. Так, при згодовуванні коровам лляної макухи кількість масляної кислоти в молоці зменшується, а олеїнової, навпаки, різко збільшується, внаслідок чого знижується температура плавлення жиру.

Оболонки жирових кульок – це лецитиново-білковий комплекс. Цей протеїново-фосфоліпідний комплекс, або ліпопротеїн, є специфічним емульгатором, який стабілізує жирові емульсії в молоці, вершках, сметані та інших молочних продуктах.

В оболонці жиру концентруються деякі речовини, які не омилюються, – вітамін А, каротиноїди і холестерин. На зовнішній поверхні білкової оболонки адсорбовані альбуміни, глобуліни і казеїн.

В оболонці жирових кульок крім ліпідів і білків виявлені мінеральні елементи. Установлено, що з оболонкою зв'язано від 5 до 25% нативної міді молока, і 28 – 59% нативного заліза. Зокрема в 1 г оболонки складає від 5 до 25 мкг, заліза – 70 – 150 мкг.

Молочний жир як складний ефір – сполука нестійка. Склад його змінюється під дією високої температури, світла, ферментів (ліпаз), кислот, лугів. Зміна складу жиру закінчується його омиленням (розщепленням на гліцерин і жирні кислоти), осалюванням (окисленням ненасичених жирних кислот), згіркненням (окисленням, відновленням тощо).

**Жироподібні речовини.** У молоці знаходиться деяка кількість жироподібних речовин – ліпоїдів. До них належать фосфатиди (0,06 %) і стерини (сліди).

**Фосфатиди.** Кількість фосфатидів у молоці незначна – від 0,0364 до 0,1163 (в середньому 0,0629 %), у вершках їх більше (0,256-0,493 %). Основними кислотами у фосфатидах є олеїнова, стеаринова і пальмітинова.

**Лецитин** – складний ефір гліцерину, жирних кислот і фосфорної кислоти у сполуці з азотовмісною речовиною – холіновим залишком. У чистому вигляді це біла воскоподібна речовина, яка швидко темніє на повітрі у зв'язку з окисленням насичених жирних кислот. Лецитин має емульгуючі властивості, сприяє стабілізації жирової емульсії в молоці, входить до складу оболонки жирових кульок, виявляє бактерицидні властивості. Залежно від концентрації його емульсія здатна затримувати розвиток різних бактерій.

**Кефалін** відрізняється від лецитину тим, що фосфорна кислота зв'язує не холін, а аміноспирт – коламін. Крім того, до його складу входять стеаринова й олеїнова кислоти.

Із стеринів молоко містить **холестерин та ергостерин**, кількість яких не перевищує 0,06 %. Холестерин молока за хімічним складом – це одноатомний ароматичний спирт. За властивостями і впливом на біохімічні процеси в організмі холестерин є антагоністом лецитину і бере участь у регулюванні клітинного обміну. Подібний за властивостями і ергостерин. Особливе його значення полягає в тому, що під дією сонячно-і о або ультрафіолетового випромінювання він посилює D-вітамінну активність молока.

**Білки молока.** Загальний вміст білків у молоці коливається від 2,9 до 4%. В молоці знайдена ціла система білків серед яких виділяють дві головних групи: казеїни і сироваткові білки.

Компонентами білків сироватки є  $\beta$  – лактоглобулін і  $\alpha$ - лактоглобулін, а також альбумін сироватки крові, імуноглобуліни, протеозо-пептони і лактоферін.

До білків молока слід віднести ферменти, деякі гормони (пролактин і ін.) і білки оболонки жирових кульок.

До основних білків молока належать казеїн, альбумін і глобулін.

Якщо загальну кількість білків прийняти за 100, то на казеїн припадає 82 %, альбумін – 12 % і глобулін – 6 %.

**Склад та властивості казеїну.** Кількість казеїну в молоці складає 2,3 – 2,9%.

Казеїн молока за своїм хімічним складом – неоднорідний білок. Він складається з  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$  -фракцій. У свою чергу,  $\alpha$ -фракція складається з  $\alpha$ - казеїну – фракції чутливої до дії іонів кальцію, і К-казеїну – фракції, нечутливої до дії іонів кальцію. Оскільки до складу казеїну входить фосфор, то казеїн належить до групи фосфопротейдів.

Окремі фракції казеїну по-різному взаємодіють з сичужним ферментом,  $\alpha$ - і  $\beta$ -фракції, які найбагатші на фосфор, добре зсідуються сичужним ферментом, а  $\gamma$ -фракція коагуляції цим ферментом не піддається. Співвідношення фракцій у казеїні залежить від різних факторів. Так, годівля корів силосом без сіна сприяє різкому збільшенню в молоці  $\gamma$ -казеїну (до 20%). Казеїн надає молоку білого кольору і зумовлює його непрозорість. Часточки казеїну складаються з двох. основних компонентів– кальцієвої солі казеїну (казеїнату кальцію) і фосфатного комплексу, утворюючи казеїнкальційфосфатний комплекс (ККФК), до складу якого входять також магній, калій, натрій і цитрати.

Білки сироватки відрізняються від казеїну амінокислотним складом.

**Альбумін.** У молекулі альбуміну замість фосфору знаходиться сірка. Під дією кислоти і сичужного ферменту він в осад не випадає. На практиці альбумін виділяють нагріванням. Так, при нагріванні до 72-75 °С він випадає з молочної сироватки у вигляді тонких ніжних пластівців і стає денатурованим. Часто під час нагрівання молока на стінках устаткування утворюється білковий пригар, до складу якого входить альбумін. У молоці вміст альбуміну коливається від 0,4 до 0,6 %; в молозиві його значно більше – до 12 %. Альбумін є повноцінним білком, який повністю забезпечує підростаючий організм необхідними амінокислотами. Перетравність молочного альбуміну майже вдвічі вища, ніж альбуміну курячого яйця. Він, на відміну від інших білків молока, містить більшу кількість триптофану (близько 7 %).

**Глобулін.** Вміст цього білка в молоці до 0,2 %, проте в молозиві його 8-15 %. Глобулін має важливе значення для новонароджених тому, що виявляє сильні бактерицидні властивості і підвищує резистентність організму. При нагріванні глобуліну до 70-75 °С в слабнокислому середовищі він зсідуються. Ізоелектрична точка глобуліну знаходиться при рН = 5,4.

Нині відомо кілька форм глобуліну: в-лактоглобулін, еуглобулін і псевдоглобулін. Останні дві форми глобуліну входять до складу білків плазми крові і є носіями імунних властивостей; кількість їх значно збільшується в молозиві.

**Низькомолекулярні білки.** До них відносять протеази, пептони, поліпептиди. У молоці міститься близько 4 % низькомолекулярних білків від усіх білків молока.

**Ферменти, імунні і бактерицидні речовини** належать до білків, які знаходяться в молоці у невеликих кількостях. До цієї групи білкових речовин відносять ферменти, а також білки, які мають протибактерицидні властивості (лактеніни I і II, лізоцим та інші інгібітори росту бактерій).

**Небілкові азотисті речовини.** З цих речовин у молоці є *сечова кислота, сечовина, креатин, креатинін, ксантин, гуанідин, гіпурова кислота, пуринові основи, амінокислоти й аміак*. Це проміжні і кінцеві продукти азотистого обміну в організмі тварин і потрапляють в молоко безпосередньо із крові.

Для молочної промисловості важливе значення мають вільні амінокислоти – триптофан, тирозин, глютамінова кислота та інші, тому що вони є одним з основних джерел азотного живлення молочнокислих бактерій, які використовують при виробництві кисломолочних продуктів і сирів. До небілкових азотистих речовин належать пігменти кормового походження – хлорофіл, ксантофіл та каротин. Їх загальна кількість складає 30 – 60 мг/%, або біля 5% всього азоту молока. Кількість небілкового азоту в коров'ячому молоці становить 0,1-0,2%.

Ферменти - лактозосинтаза, лужна фосфатаза, лізоцим і ін. синтезуються безпосередньо у секреторних клітинах молочної залози, інші (каталаза, протеїназа, рибонуклеаза, альдолаза і ін.) поступають в молоко із крові тварини.

Крім нативних ферментів в молоці присутні чисельні внеклітинні і внутріклітинні ферменти, які виробляються мікрофлорою молока і бактеріальних заквасок.

Ферменти, що зустрічаються в молоці і молочних продуктах, мають велике практичне значення. Так, на дії ферментів класу гідролаз, оксидоредуктаз, трансфераз і ін. базується виробництво кисломолочних продуктів і сирів. Багато протеолітичних, ліполітичних і ін. ферменти викликають глибокі зміни складових частин молока під час вироблення і зберігання молочних продуктів, що може привести до зниження їх харчової цінності і виникнення вад молока. Крім того, по наявності деяких нативних і бактеріальних ферментів можна робити висновки про санітарно-гігієнічний стан сирого молока та ефективності його пастеризації.

**Молочний цукор** – це дисахарид лактоза, який при гідролізі розщеплюється на глюкозу й галактозу ферментом лактазою і є не тільки джерелом енергії, а й одним з факторів, що регулює кальцієвий обмін. Утворені під час гідролізу молочного цукру глюкоза і галактоза мають однаковий хімічний склад, але різне розміщення атомів водню і гідроксильних груп біля атомів вуглецю, з якими вони зв'язані.

За харчовою цінністю молочний цукор не відрізняється від бурякового і майже повністю засвоюється організмом (близько 98 %). Він має важливе значення під час годівлі молодняка тварин. Вміст лактози в молоці становить 4,7-4,8 %.

Молочний цукор відіграє важливу роль у технології молочних продуктів. Під дією мікроорганізмів і їх ферментів, що вносяться в молоко як закваски, процес бродіння молочного цукру можна спрямувати у бажаному напрямі. З однієї молекули молочного цукру утворюється чотири молекули молочної кислоти. Молочнокисле бродіння відбувається в анаеробних умовах, проте може відбуватися і в аеробних, оскільки молочнокислі бактерії є факультативними. Молочна кислота, яка нагромаджується в молоці, викликає зсідання білка та змінює його



властивості. Це бродіння є основою виробництва кисломолочних продуктів, сирів і кислотовершкового масла.

Лимонна кислота – один з компонентів молока. Її вміст у молоці коливається від 0,1 до 0,2 %.

На стійкість молока, при його тепловій обробці (пастеризації, кип'ятінні, стерилізації, згущенні), впливає кількісний вміст мінеральних солей і кислот, в тому числі лимонної. Аромат масла, кисляку, сметани, кефіру та інших кисломолочних продуктів зумовлюється багатьма речовинами, зокрема діацетилом, що утворюється з лимонної кислоти під час бродіння, в якому беруть участь молочнокислі бактерії. Лимонна кислота відіграє важливу роль у мінеральному обміні, сприяє виділенню організмів важких і радіоактивних металів.

**Макро- та мікроелементи молока.** У молоці міститься близько 1 % мінеральних речовин, хоч після озолення залишається лише 0,7-0,8 % золи. До складу молока входить до 80 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва, їх поділяють на макро- та мікроелементи. До макроелементів належать кальцій, магній, натрій, калій, фосфор, сірка, хлор, а до мікроелементів – залізо, алюміній, хром, свинець, миш'як, олово, титан, ванадій, срібло, мідь, кобальт, марганець, цинк, йод, селен, молібден, нікель та ін.

У молоці містяться також солі неорганічних і органічних кислот, із яких найбільше значення мають солі фосфорної і лимонної кислот.

Більше половини всіх мінеральних речовин молока становлять солі кальцію і фосфору. Кальцію в молоці в середньому 125-130 мг/л, вміст його залежить від породи, фізіологічного стану тварини, годівлі, сезону року; 25 % всього кальцію знаходиться в розчинній формі і 75 % – в колоїдній, тобто зв'язаній з казеїном.

Учені встановили, що не всі форми кальцію в харчових продуктах добре засвоюються організмом. Тільки разом з білками він засвоюється найкраще. Так, у молоці більша частина кальцію зв'язана з білком казеїну.

Тому для дитячого організму, який формується і розвивається, молоко і білкові молочні продукти повинні бути джерелом кальцію. Від вмісту кальцію в молоці залежать якість і властивості молочних продуктів, оскільки з ним зв'язані величина міцел казеїну, зсідання молока та утворення сичужного згустку, структура та консистенція сирного тіста. Кальцій має важливе значення і у виробництві плавлених сирів. Він зв'язує солі, що сприяють плавленню сиру, і утворює кальційфосфатні або цитратні комплекси: казеїнат кальцію перетворюється на пластичний казеїнат натрію, в якому жир краще емульгується, формуються характерна консистенція сиру, його смакові властивості. Отже, вивчення різних форм кальцію важливе для характеристики молока як продукту харчування і сировини для промисловості.

Фосфору в молоці в середньому 95-105 мг/л. Він регулює процес утворення багатьох компонентів молока. За даними Г. С. Ініхова, 70-77 % загального фосфору в молоці – це неорганічний фосфор у вигляді солей, решта його перебуває в органічному стані – зв'язаний з казеїном, а також входить до складу білкових оболонок жирових кульок. Найбільш цінна форма фосфору – казеїнкальційфосфатний комплекс, зв'язок у якому між казеїном і фосфором досить міцний. Білок, в якому міститься фосфор, досить стійкий проти дії протеолітичних ферментів, тоді як

дефосфорилізований білок внаслідок ферментативного гідролізу легко розщеплюється. Фосфор, який знаходиться в оболонці жирових кульок, має велике значення для їх стабільності.

Неорганічний фосфор необхідний для розвитку молочнокислих бактерій. При зберіганні молока за будь-якої температури, частина фосфору перетворюється з неорганічних сполук («неорганічний фосфор») на органічні, завдяки життєдіяльності мікроорганізмів. Висока температурна обробка молока зменшує вміст у ньому розчинного фосфору: він випадає в осад у вигляді фосфату кальцію. Фосфат кальцію необхідний для побудови кісткової, мозкової та нервової тканин. Встановлено, що співвідношення кальцію і фосфору в їжі має бути оптимальним, тільки тоді вони задовільно засвоюються. Саме у такому співвідношенні і містяться кальцій і фосфор у молоці.

До мікроелементів молока належать залізо, алюміній, хром, свинець, миш'як, олово, титан, марганець, йод та ін. Кількість цих речовин у молоці незначна, однак вони мають надзвичайно велике значення для життєдіяльності організму. Наприклад, йод нормалізує функцію щитовидної залози, марганець бере участь в окисно-відновних процесах, мідь і залізо – у синтезі гемоглобіну, кобальт входить до складу вітаміну В який підвищує використання рослинного білка тваринним організмом. Повноцінна годівля корів неможлива без урахування вмісту мікроелементів у раціонах. Вміст мікроелементів у молоці має певне значення і для технології виробництва деяких молочнокислих продуктів.

До біологічно-активних речовин молока відносять вітаміни, ферменти (ліпаза, лактаза, фосфатаза, пероксидаза, каталаза, редуктаза).

**Вітамін А** (ретинол,  $C_{20}H_{29}OH$ ). Кількість його в молоці залежить від вмісту каротину в кормах.. У процесі пастеризації і зберігання молока кількість вітаміну А зменшується до 20 %, однак при виробництві кисломолочних продуктів вміст його збільшується на 10-33 %. При виробництві сиру він повністю переходить у готовий продукт. У 1 кг молока в середньому міститься 0,13-0,16 мг вітаміну А, а в молозиві його у 5-10 разів більше.

**Вітамін D** (кальциферол, антирахітичний). У молоці міститься у вигляді вітаміну D<sub>3</sub>, в якому близько 0,005 мг/л вітаміну й (коливання від 0,0007 до 0,12 мг/л). Пасовищне утримання корів сприяє збільшенню цього вітаміну в молоці у кілька разів, а при дії на молоко ультрафіолетовими променями його кількість різко збільшується, досягаючи 0,02-0,05 мг/л. Багато вітаміну D в молозиві. Вітамін D досить стійкий і витримує нагрівання до високої температури. При переробці молока цей вітамін не руйнується, а переходить з жиром у продукт.

**Вітамін Е** (токоферол,  $C_{29}H_{50}O_2$ , антистерильний) має антиокисні властивості, сприяє засвоєнню вітаміну А. Вітамін Е міститься переважно в зелених кормах, тому молоко корів, які його поїдають, більш багате на цей вітамін. У молозиві його міститься до 0,45 мг/л. Вітамін стійкий проти дії температури (не руйнується при нагріванні до 170 °C протягом 3 год), кислот, лугів, проте під впливом кисню поволі окислюється.

**Вітамін К** (К<sub>1</sub> – філохінон,  $C_{20}H_{39}$  і К<sub>2</sub> – фарнохінон,  $C_{30}H_{49}$ , антигеморагічний). Його вміст у молоці залежить від наявності в раціоні корів зелених кормів та сіна з конюшини.

**Вітамін F** – це група поліненасичених жирних кислот (ліноленової, лінолевої, арахідонової), які сприяють активізації фізіологічної дії тіаміну, аскорбінової кислоти, каротину. У молоці вітаміну K міститься 1,6 -2 г/кг.

**Вітамін B1** (тіамін,  $C_{12}H_{17}N_4OS$ , аневрин). В молоці його в середньому міститься 0,045 мг/л (коливання від 0,2 до 0,07 мг/л). На вміст вітаміну B, в молоці корми майже не впливають. Він синтезується мікроорганізмами в рубці жуйних тварин. У кисломолочних продуктах вітаміну B, міститься на 20-30 % більше, ніж у молоці.

**Вітамін B2** (рибофлавін,  $C_{17}H_{20}O_6N$ , в молоці називають лактофлавіном) надає зеленувато-жовтого кольору сироватці та жовтого молочному цукру-сирцю, входить до складу ферментів, бере участь у вуглеводному і білковому обміні. У молоці його міститься від 0,1 до 0,25 мг/л (в середньому 0,15-0,20 мг/л), а в молозиві його в 3-4 рази більше. Надходить вітамін B2 у молоко з корму та з рубця, де синтезується мікрофлорою кишок. Протягом лактації та при пастеризації його кількість у молоці майже не змінюється. В кисломолочних продуктах його більше, ніж у молоці.

**Вітамін B3** (пантотенова кислота,  $C_9H_{17}O_5N$ ) стимулює ріст молочнокислих бактерій. Пантотенова кислота входить до складу коферменту A, за участю якого відбувається синтез жирних та лимонної кислот, багатьох амінокислот. У 1 кг молока міститься 2,7 мг вітаміну B3, у відвійках – 3,6, у сколотинах – 4,6, у молочній сироватці – 4,4 мг.

**Вітамін B6** (піридоксин,  $C_8H_{11}NO_3$ ) має важливе значення для білкового і ліпідного обмінів, бере участь у гемопоезі. У молоці його міститься від 0,05 до 0,17 мг/л.

**Вітамін B12** (ціанокобаламін,  $C_{63}H_{88}CON_{14}O_{14}P$ ) є важливим засобом для лікування злоякісної анемії, бере участь в обмінних процесах організму. Молоко належить до важливих джерел вітаміну B12, вміст якого залежить від умов годівлі корів. При недостатній кількості кобальту в кормі після добавки кобальту або інших мінеральних речовин підвищується вміст вітаміну B12 в молоці. При високій температурі нагрівання (до 120 °C) цей вітамін не руйнується.

**Вітамін C** (аскорбінова кислота, антискорбутний,  $C_6H_8O_6$ ) бере участь в усіх окисно-відновних процесах організму, впливає на діяльність нервової системи. Він дуже чутливий до окислення, руйнується при високій температурі (під час пастеризації руйнується до 30 %) та в лужному середовищі, від ультрафіолетового випромінювання. Якщо видоєне молоко негайно охолоджують, то збереження вітаміну C поліпшується, і чим глибше охолодження молока, тим більше в ньому залишається вітаміну C. Кількість вітаміну C в коров'ячому молоці коливається від 1 до 2,5 мг/л, а в кобилячому – від 8 до 30 мг/л. Узимку в молоці вітаміну C менше, ніж улітку. Вітамін синтезується в організмі тварин.

## 5. Біохімія актогенезу та лактопоезу

Молоко синтезується в залозистій тканині вим'я. Залозиста тканина складається в основному з витягнутих бульбоподібних порожнин кулястої чи овальної форми, які називаються альвеолами. Кожна альвеола оточена густою сіткою кровоносних судин – капілярів і нервових волокон.. З альвеол молоко через молочні протоки (трубки, що

складаються з поперечних кільцеподібних волокон) стікає у молочні цистерни (вименну і соскову), звідки через сосковий канал виділяється назовні.

Складові частини молока синтезуються в секреторних клітинах альвеол із поживних речовин плазми крові.

Між секреторною діяльністю молочної залози і кровообігом існує тісний взаємозв'язок. Досліджено, що для утворення 1 л молока через кровоносні судини молочної залози повинно пройти в середньому 600 л крові. На початку лактаційного періоду це співвідношення дорівнює 1:400 (перші 15 днів), на 2-4 міс. – 1: 500, 5-8 міс лактації – 1:650., в кінці лактації – 1:1000. У високопродуктивних корів таке співвідношення менше. На функціонування молочної залози витрачається 10% енергії поживних речовин, засвоєних з раціону.

Процес утворення молока такий:

- вихідні речовини з кров'ю надходять по зовнішній соромітній і частково промежинній артеріях у капілярну сітку альвеол, із них у шар секреторних клітин;

- частина речовин без змін надходить у альвеолярну порожнину, це глюкоза, вільні амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, гормони, імунні глобуліни;

- інші складові молока, альбумін, казеїн, лактоза, молочний жир синтезуються із попередників:

  - Казеїн – із вільних амінокислот і фосфатів

  - Альбуміни- із амінокислот і поліпептидів

  - Молочний цукор лактоза- із глюкози і фосфорильованої галактози

  - Молочний жир – із гліцерину та жирних кислот .

Джерелом молочного жиру для жуйних є леткі жирні кислоти (ЛЖК) – оцтова і пропіонова, які утворюються при зброджуванні легкокорозчинних вуглеводів та розщепленні клітковини у рубці.

Багато оцтової кислоти утворюється при згодовуванні доброякісного сіна, сінажу, силосу. При надмірній кількості концентратів і малій кількості сіна, буряків в рубці зменшуються бродильні процеси і знижується вміст жиру в молоці.

При згодовуванні великої кількості кормової капусти, турнепсу, ріпаку зменшується жирність, що пояснюється вмістом тіорацилу, який пригнічує діяльність щитовидної залози (знижується обмін білків, жирів і вуглеводів )

Регуляція молока утворення здійснюється ЦНС і гормоном гіпофізу – пролактином. Рівень секреції також підтримується гормонами щитовидної, підшлункової наднирникових і статевих залоз.

Вченими доведено, що інсулін разом з пролактином викликає збільшення активності лейцил-, метіоніл- і тирозил-т-РНК-синтетази у секреторних клітинах молочних залоз кіз і тим самим сприяє синтезу білків молока.

У літературі є повідомлення, які присвячені вивченню дії гормонів наднирників на розвиток і лактогенез молочної залози. Введення тваринам кортизону, гідрокортизону і дезоксикортикостерону показало, що кортизон і гідрокортикостерон у більшості випадків стимулює вплив на розвиток залозистої тканини молочної залози, на лактогенез і секрецію молока.

Роль тиреотропного гормону у процесах лактації вивчалось багатьма дослідниками на різних видах тварин. Було встановлено, що ТТГ стимулює молокоутворення протягом усієї лактації.

У дослідях на козах у першу половину лактації введення тиреотропного гормону сприяло збільшенню молочної продуктивності на 14-16%, лактози - на 15%, а спільного білка - на 27%. За цих умов збільшення спільного білка відбувається як за рахунок альбуміноглобулінової фракції (на 32%), так і казеїнової (на 18%).

Гормони щитовидної залози стимулюють лактогенез, сприяють початку лактації, покращуючи обмін речовин, підвищують секреторну активність клітин залози. Під впливом тироксину підвищується вміст імуноглобулінів, фосфорних сполук і загального кальцію в молоці. Видалення щитовидної залози веде до зниження тривалості лактаційного періоду і зменшення вмісту жиру в молоці.

Дослідження показали, що введення коровам синтетичного тироксину в дозі 10-30 мг збільшувало надої на 2-3,8% а жирність молока на 1-1,7%.

Гормони статевих залоз також беруть участь у регуляції функції лактації. Кастрація не впливає суттєво на підтримання лактації, в той же час естрогени у невеликих дозах стимулюють підвищення вмісту жиру у молоці.

Сання телям соска вимені або подразнення його під час доїння стимулює лактацію (подразнення іде до гіпоталамусу, звідти в гіпофіз, який виділяє в кров гормон пролактин, що стимулює секрецію молока).

Стимулює лактацію і повне звільнення місткісної системи вимені від молока. Заповнення вим'я викликає підвищення тиску в ємкісній системі, при доїнні цей тиск падає, при повному видоюванні – до нуля. Неповне видоювання знижує інтенсивність секреції і веде до поступового запуску корів.

Віддача коровою молока проходить внаслідок складного рефлекторного процесу, в якому беруть участь нервова система та залози внутрішньої секреції.

Молоковіддача проходить у дві фази під впливом умовних і безумовних рефлексів.

Безумовний рефлекс молоковіддачі можна розділити на дві фази.

Перша фаза рефлекторна, наступає через 5-10 секунд після подразнення сосків. Стимули доїння (шум апарату, підмивання і масаж вимені) викликають подразнення нервових закінчень рецепторів шкіри. Нервові збудження по чутливих нервах ідуть в спинний мозок, в якому передаються на моторні нерви, ними імпульси повертаються назад до молочної залози, а саме до скоротливих м'язів цистерн і сфінктера. В результаті розслаблюється гладка мускулатура сфінктера соска, стінок цистерни, молочних ходів і здійснюється припуск молока. Тривалість 1-ї фази 25-30 сек., протягом яких з вимені можна видіти тільки цистернальне молоко. Кількість якого складає 1/4 - 1/5 всього утвореного молока..

Друга фаза рефлексу молоковіддачі гормональна, починається через 30-60 секунд після подразнення рецепторів сосків, продовжується 4-6 хвилин. Вона зв'язана з дією гормону окситоцину на епітелій альвеол. Подразнення, що виникають при доїнні передаються із спинного мозку в головний (задню долю гіпофізу, який виділяє окситоцин, що з током крові приноситься до молочної залози і викликає скорочення зірчатих клітин, якими покриті альвеоли, внаслідок цього тиск в альвеолах підвищується. Молоко поступає в протоки і цистерни, а звідки під дією вакууму доїльного апарату виводиться.

Таким чином припуск молока починається приблизно через 30-60 сек. після початку доїльних маніпуляцій, тому при машинному доїнні розрив між здоюванням

перших цівок молока і надіванням доїльних стаканів на вим'я не повинен перевищувати 1 хвилини. Затримка з початком доїння призводить до того, що дія рефлексу молоковіддачі припиняється, а молоко до цього часу не буде повністю видоєне.

Друга особливість рефлексу молоковіддачі, заключається в тім, що він відбувається не довго (5-7 хв.), і закінчується незалежно від того видоєна корова, чи ні. Цю особливість також необхідно врахувати при машинному доїнні корів. Щоб швидше видоїти корів необхідно доїльні стакани надівати тільки тоді, коли тварина підготовлена до цього процесу, коли на сосках розправляються складки.

## **ЛЕКЦІЯ 2**

### **Біохімія кисломолочних продуктів**

#### **План лекції**

1. Дієтичні і лікувальні властивості молочно-кислих продуктів.
2. Біохімічні зміни компонентів молока в процесі переробки
3. Коагуляція казеїну та гелеутворення при виробництві кисломолочних продуктів.
4. Фактори, що впливають на властивість згустків.
5. Біохімічні властивості кисломолочних продуктів.

#### **Література:**

1. Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І. Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник. Житомир. Вид-во ЖДУ, Ім.. І.Франка 2013,- 208 с.
2. *Цехмістренко С.І.* Біохімія молока та молокопродуктів: навч. посібник . Біла Церква, 2014. 168 с.

#### **1 Дієтичні і лікувальні властивості молочно-кислих продуктів.**

**Кисломолочними** називаються продукти, виготовлені сквашуванням пастеризованого молока або вершків чистими культурами молочнокислих бактерій з додаванням або без додавання дріжджів чи оцтовокислих бактерій. У процесі сквашування під впливом молочнокислих бактерій, ферментів та інших агентів відбуваються хіміко-фізичні зміни складових частин молока, наприклад, коагуляція білків. Кисломолочні продукти в дієтичному відношенні цінніші, ніж молоко, і крім того, мають високі лікувальні якості.

Дієтичні і лікувальні властивості кис- ломолочних продуктів пояснюються сприятливою дією на організм людини мікроорганізмів і речовин, що утворюються внаслідок біохімічних процесів, котрі відбуваються при заквашуванні молока (молочної кислоти, спирту, вуглекис- лого газу, антибіотиків, вітамінів).

Кисломолочні продукти краще засвоюються організмом, ніж молоко, оскільки діють на секреторну діяльність шлунка і кишок, завдяки чому залози органів травлення інтенсивніше виділяють ферменти, які прискорюють перетравлювання їжі. Кисломолочні продукти підвищують моторику органів травлення (перистальти- ку кишок). Маючи приємний, освіжаючий і гострий смак, ці про- дукти підвищують апетит і тим самим поліпшують загальний стан організму.

Продукти, отримані шляхом спиртового бродіння (кумис, кефір, ацидофільно-дріжджове молоко), збагачені на спирт і вуглекислоту, збуджують дихальні і судинні центри та центральну нервову систему.

Регулярне вживання кисломолочних продуктів сприяє зміцненню нервової системи. На їх дієтичні й лікувальні властивості вказував російський учений І.І. Мечников. На його думку, молочнокислі бактерії, які містяться в кисломолочних продуктах, мають здатність пристосовуватись до існування в кишках людини і сприятливо впливати на її організм.

Лікувальні властивості кисломолочних продуктів ґрунтуються на бактерицидності молочнокислих бактерій і дріжджів стосовно збудників деяких шлунково-кишкових хвороб, туберкульозу та інших захворювань, а також на оздоровчому впливі на організм окремих речовин, які входять до складу цих продуктів.

Бактерицидні властивості кисломолочних продуктів пов'язані з антибіотичною активністю наявних у них бактерій і дріжджів. У них, зокрема, містяться такі антибіотики, як низин, лаколіт, диплококцин, стрептоцид, які справляють на деякі мікроорганізми бактерицидну (тобто вбивають їх) або бактериостатичну (тобто пригнічують їх життєдіяльність) дію.

Кисломолочні продукти ефективні також як допоміжні засоби у лікуванні деяких хвороб при одночасному прийманні лікарських

засобів. Хороші результати при лікуванні туберкульозу дає вживання *кумису* і *ацидофільно-дріжджового молока*. Загальновідомі властивості ацидофільного молока при лікуванні дизентерії, черевного тифу, гастритів.

Вітаміни А і В кобилячого молока повністю зберігаються в кумисі. Після молочнокислого бродіння вміст вітаміну С в кумисі збільшується. Серед продуктів тваринного походження кумис на першому місці за вмістом вітаміну С, що значно підвищує його лікувальні властивості.

Встановлено, що лікувальні властивості кумису залежать не від складу і властивостей сировини, а від розвитку в молоці мікрофлори (бактерій і дріжджів у певному співвідношенні), в результаті життєдіяльності якої утворюються такі цінні речовини, як молочна кислота, спирт, вуглекислий газ, антибіотики, вітаміни.

*Куранга*, що використовується в лікуванні туберкульозу, поліпшує обмін речовин в організмі.

*Кефір* широко використовується для лікування різних порушень функцій травного каналу, недовіря, хвороб легенів і плеври, порушення обміну речовин та атеросклерозу.

*Простокваша* сприятливо діє на видільну функцію нирок. Тому її використовують при лікуванні хвороб нирок — нефритів.

*Ацидофільно-дріжджовий сир* добре зарекомендував себе при лікуванні хронічної дизентерії і диспепсії у дітей.

## **2. Біохімічні зміни компонентів молока в процесі переробки**

### **Бродіння молочного цукру**

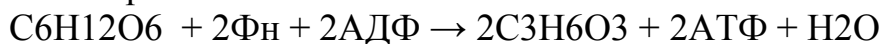
При одержанні і зберіганні молоко обсіменяється мікроорганізмами. При виробництві багатьох молочних продуктів у молоко і вершки вносять різного роду закваски, які приводять до глибокого розпаду молочного цукру, ліпідів, білків і ін.

Вивчення біохімічних властивостей і активності мікроорганізмів, які входять до складу заквасок, дозволяє краще їх використовувати при формуванні смаку і аромату продуктів, підвищити їх біологічну цінність і якість.

В основі виготовлення цілого ряду продуктів лежить розпад молочного цукру, цей процес називають бродінням. Існує декілька типів бродіння лактози, які відрізняються утворенням кінцевих продуктів.

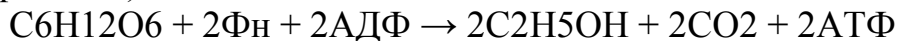
До утворення піровиноградної кислоти всі процеси ідуть по одній схемі – Ембдена-Мейергофа. Подальші перетворення ідуть в різних напрямках і визначаються специфічними особливостями даного виду мікроорганізмів і умовами середовища.

Найбільш поширеним при виробництві молочних продуктів є молочнокисле бродіння молочного цукру. Процес молочнокислого бродіння молочного цукру виражається рівнянням:



Наряду з молочною кислотою можуть утворюватися і побічні продукти бродіння. По характеру продуктів зброджування глюкози молочнокислі бактерії є – гомоферментативні і гетеро ферментативні. Перші – утворюють молочну кислоту (понад 90%) і лише незначну частину побічних продуктів, другі – біля 50% глюкози перетворюють у молочну кислоту, а іншу частину перетворюють у етиловий спирт, оцтову кислоту і CO<sub>2</sub>.

Спиртове бродіння – має місце при виробництві кефіру, кумису, курунги і ін. кисломолочних продуктів. Збудником спиртового бродіння є дріжджі. Вони зброджують глюкозу з утворенням етанолу і вуглекислоти, а також можуть утворюватися в невеликих кількостях і інші спирти (ізобутиловий, пропіловий, гліцерин і ін.).



Пропіоновокисле бродіння – збудником якого є пропіоновокислі бактерії, які перетворюють глюкозу і молочну кислоту в пропіонову і оцтову кислоти. Одночасно утворюється невелика кількість янтарної кислоти. Якщо бродіння починається з глюкози, тоді процес до утворення піровиноградної кислоти іде аналогічно гомоферментативному молочнокислому бродінню. Якщо бродінню піддається молочна кислота, то шляхом дегідрірування (за допомогою лактатдегідрогенази) вона також перетворюється в піровиноградну кислоту. В подальшому одна частина піровиноградної кислоти піддається окислюючому

декарбоксилюванню з утворенням ацетил-КоА, який через ацетилфосфат переходить в оцтову кислоту.

Друга частина піровиноградної кислоти шляхом карбоксилювання перетворюється в щавелевооцтову кислоту, яка відновлюється до яблучної, яка в свою чергу відновлюється до янтарної, а остання – в пропіонову. Пропіоновокисле бродіння вуглеводів і молочної кислоти відіграє важливу роль в процесі дозрівання твердих сирів з високою температурою другого нагрівання.

Маслянокисле бродіння проходить в молочних продуктах під дією маслянокислих бактерій, які зброджують як цукор так і молочну кислоту. Відомо декілька типів маслянокислого бродіння, які різняться кінцевими продуктами, в одному із типів бродіння – є масляна, оцтова і вуглекислота та водень. При іншому типі такими продуктами є – бутиловий, ізопропіловий спирти, етанол і ацетон.



Таким чином, в процесі маслянокислого бродіння наряду з масляною кислотою утворюється ряд побічних речовин, які як правило мають різкий, неприємний запах, а також велика кількість газів, які нерідко є причиною вспучування сирів. Все це є небажаним для молочної промисловості.

### **Гідроліз та окислення жирів**

В процесі зберігання та первинної обробки молока молочний жир і інші ліпідні компоненти (головним чином фосфоліпіди) піддаються біохімічним і хімічним змінам з утворенням різних хімічних речовин, які впливають на органолептичні властивості продукту.

Молочний жир – в молочних продуктах змінюється починаючи від вироблення і найбільш інтенсивно проходять в процесі зберігання, особливо при несприятливих умовах. Вони можуть мати як біохімічну природу (проходити під дією ферментів), так і хімічну (під дією високих температур, кисню повітря, світла). Перетворення молочного жиру зводиться в основному до двох хімічних процесів – гідролізу і окислення.

Гідроліз – процес розщеплення тригліцеридів молочного жиру на гліцерин і жирні кислоти при взаємодії з водою. Гідроліз підсилюється під дією ліполітичних ферментів, високих температур, вологості, а також світла. Продуктами біохімічного розщеплення жирів є: ди-, моно гліцериди і вільні жирні кислоти, переважно масляна, капронова, капрілова, капронова і лауринова.

Ферментативний гідроліз жиру (ліполіз) в сирому молоці небажаний, так як при цьому утворюються масляна і інші низькомолекулярні жирні кислоти. Які викликають вади смаку молока і молочних продуктів.

Ліполітична активність заквасочних культур вивчена значно гірше, ніж ліполітична активність побічної мікрофлори.

Окислення жиру – це глибокий процес розпаду жиру з утворенням перекисів, альдегідів, кетонів, оксікислот і інших сполук. Окислення веде до появи в молочних продуктах небажаних присмаків і запахів. Іноді окислення жиру викликається ферментами (ферментативне), але частіше проходить хімічним шляхом – під дією кисню повітря і світла (перекисне окислення).

Перекисне (неферментативне) окислення проходить внаслідок взаємодії жиру з молекулами кисню. Окисленню піддаються в першу чергу вільний жир, незахищений оболонкою, а із жирних кислот переважно окислюються ненасичені. Суттєву роль в початковій стадії перекисного окислення грають перекисні радикали – радикали, один із атомів яких має вільну валентність. Теорія вільних радикальних ланцюгових реакцій окислення ліпідів розроблена акад. Н.Н. Семеновим на основі теорії перекисного окислення Баха – Енглера.

Згідно сучасній уяві утворення вільних радикалів, які приводять до зародження (ініціюванні) ланцюга окислення, проходить при відриві атома водню від реагуючої молекули речовини (жир, жирна кислота). Ініціатором ланцюгових реакцій можуть бути метали, кисень, ферменти, різного виду випромінювання, гідро перекиси. Активний радикал вступає в реакцію з молекулярним киснем утворюючи при цьому перекисний радикал, який з вільними радикалами вільний радикал. Молекули гідролперекисів в свою чергу розпадаються з утворенням нових вільних радикалів. Коли концентрація гідроперекисів підвищується, проходить їх розпад з утворенням іще

більшої кількості радикалів. Ці радикали сприяють зародженню нових ланцюгів окислення, тим самим викликаючи самоприскорення процесу окислення жиру.

Окислюючі зміни жиру в продуктах уповільнюються, якщо їх зберігати при низьких температурах, в темноті, без доступу кисню повітря, а також при

відсутності в них вільного жиру і металів, які прискорюють процес окислення. Затримку окислюючої порчі продуктів викликають і так звані антиоксиданти

Дія дійсних антиоксидантів полягає у взаємодії з ведучими ланцюгами окислення. Внаслідок цього проходить обрив ланцюгів окислення і на який то час затримується самоокислення жиру. Активні вільні радикали замінюються на малоактивні радикали антиоксиданту, останні піддаються димеризації, або вступають в реакцію з іншими радикалами, утворюючи неактивні продукти.

Існують синтетичні і природні антиоксиданти. Перші – сполуки фенольного типу, другі – токоферолі, які містять рухливий атом водню, який може взаємодіяти із вільними радикалами.

Фосфоліпіди – до них належить лецитин, кефалін і ін., вони є нестійкими ліпідними компонентами молока і молочних продуктів. Вони піддаються зміні як при гідролізі так і при окисненні. Продукти гідролітичного розщеплення можуть втягуватися в різні вторинні реакції. Зокрема, ненасичені жирні кислоти окислюються киснем повітря з утворенням перекисних і карбонільних сполук, часто викликаючи погіршення органолептичних властивостей молочних продуктів. Азотисті основи (холін, етаноламін) під дією бактеріальних ферментів розпадаються до три метиламіну, ацетальдегіду і аміаку, які впливають на смак і запах молочних продуктів.

Для більшості молочних продуктів (тверді сири, кисломолочні продукти, масло і ін.) гідроліз фосфоліпідів не бажаний, так як зумовлює появу згірклого і інших побічних присмаків. При їх виробленні слід використовувати бактеріальні закваски з низькою фосфоліпазною активністю. Для покращення смаку м'яких сирів (рокфор і ін.), навпаки, вигідно використовувати культури мікроорганізмів, які мають високу фосфоліпазну активність.

Оскільки фосфоліпіди є структурним компонентом жирових кульок, їх гідроліз і окислення викликає дестабілізацію жирової фази.

### **Розпад білків і зміна амінокислот**

В сирому молоці, при його зберіганні та молочних продуктах при їх виробництві, дозріванні та зберіганні проходить протеоліз (розпад) білків, з утворенням різних азотистих сполук. Активно проходить протеоліз в багатьох молочнокислих продуктах і особливо в сирах, адже в основі їх дозрівання лежать протеолітичні зміни білків.

Продуктами розпаду білків в молочних продуктах являються пептиди різної молекулярної маси і амінокислоти. Останні можуть піддаватися подальшим ферментативним змінам з утворенням органічних кислот, альдегідів, амінів і інших сполук, багато із яких мають сильно виражені смакові властивості. Розпад білків і амінокислот під впливом ферментів молочнокислих, пропіоновокислих бактерій і дріжджів має позитивне значення – молочні продукти збагачуються розчинними в воді азотистими і безазотистими сполуками, внаслідок чого готовий продукт набуває певної консистенції, характерний смак і запах, а також легко перетравлюється в шлунково-кишковому тракті людини.

Навпаки, розклад білків і органічних кислот гнильними і іншими побічними мікроорганізмами викликає порчу молочних продуктів, так як супроводжується утворенням небажаних, часто дурнопахучих і отруйних речовин.

Білки – їх ферментативний розпад починається в процесі зберігання сирого молока. В пастеризованому і стерилізованому молоці він може тривати під дією термостійких нативних і бактеріальних протеїназ молока. При виготовленні заквасок, кисломолочних продуктів і сирів протеоліз здійснюють молочнокислі, пропіоновокислі бактерії і дріжджі, а також вторинна побічна мікрофлора. В процесі життєдіяльності мікроорганізми виробляють цілий комплекс ферментів, в тому числі різні протеолітичні. Глибина і ступінь розщеплення білків молока залежить від багатьох факторів, головними серед яких є склад і активність ферментів. Гідроліз білків молока (казеїну) ферментами молочнокислих паличок і стрептококів виявляється в перші години і доби їх культивування.

Різні види і штами молочнокислих бактерій мають неоднакову протеолітичну активність. Молчнокислі палички характеризуються більш високим ступенем гідролізу казеїну ніж коки. Тому, при виробництві продуктів, за звичай використовують комбінації із різних видів і штамів молочнокислих бактерій, а разом із ними можуть розвиватися і інші бактерії (пропіоновокислі, оцтовокислі) і дріжджі. Протеолітичну активність комбінації культур визначає їх характер взаємовідносин. При симбіозі культури із слабою протеолітичною активністю стимулюються культурами з більш високою активністю, при цьому загальна ступінь гідролізу білків збільшується.

Вивчення протеолітичної активності біокультур має велике практичне застосування в плані прискорення виробництва кисломолочних продуктів і сирів, шляхом підбору бактерій для заквасок. При цьому можна забезпечити в готовому продукті певний вміст амінокислот, що особливо важливо при формуванні смакових якостей.

Головним компонентом заквасок для кисломолочних продуктів. І сирів – молочнокислі бактерії (стрептококи і палички), які після внесення в свіже молоко швидко розмножуються, цьому сприяє рН молока 6,8. Потім поступове йде зброджування лактози до рН 4,6-4,7, при цих показниках настає звертання молока. Оптимум дії протеаз молочнокислих стрептококів рН 6-7,5, протеаз молочнокислих паличок рН 5,7-6, при рН 5 активність протеолізу знижується на 50%. Як наслідок, по мірі сквашування, а також під час дозрівання і зберігання в кисломолочних продуктах створюються несприятливі умови для дії протеолітичних ферментів, особливо для протеаз молочнокислих стрептококів.

При виробництві кисломолочних продуктів які сприяють розвитку молочнокислих бактерій, які здійснюють подальше розкладання білків.

При цьому здатність молочнокислих бактерій до гідролізу казеїну збільшується в два рази і більше.

Амінокислоти, які утворилися внаслідок розпаду білків і не використані мікроорганізмами, піддаються подальшим ферментативним перетворенням. Здатність розкладати вільні амінокислоти мають дріжджі, пропіоновокислі бактерії, мікрококи і гнильні бактерії. До процесів дисиміляції амінокислот відносяться реакції дезамінування, переамінування, декарбоксилювання і ін.

Процес дезамінування амінокислот в залежності від умов середовища може проходити окисним, гідролітичним і відновним шляхом. При цьому утворюються різні кето-, оксі- і карбонові кислоти та аміаку. Продукти дезамінування амінокислот – кислоти і альдегіди використовуються мікроорганізмами в різних напрямках. Аміак іде в основному на синтез амідів дикарбонових кислот – глютаміну і аспарагіну, а також використовується для прямого амінування деяких кетокислот, які є важливими продуктами проміжного обміну вуглеводів.

Важливим біохімічним процесом, який здійснюється мікроорганізмами при виробництві молочних продуктів є декарбоксилювання амінокислот, внаслідок якого утворюється вуглекислий газ і відповідний амін. Крім вищеназваних процесів можливі і інші ферментативні і не ферментативні зміни амінокислот (декарбоксилювання разо із амінуванням і пере амінуванням і ін.).

Під дією ферментів гнильних мікроорганізмів і деяких інших бактерій сірковмісні амінокислоти розкладаються з виділенням сірководню, меркаптанів, сульфідів.

### **3. Коагуляція казеїну та гелеутворення при виробництві кисломолочних продуктів**

Основні біохімічні процеси, що проходять при виробництві кисломолочних продуктів це – молочнокисле і спиртове бродіння лактози, коагуляція казеїну, гелеутворення, внаслідок чого утворюється консистенція, смак і запах готових продуктів.

Кисломолочні продукти прийнято ділити на: продукти в основі виробництва яких лежить молочнокисле бродіння, і продукти із змішаним бродінням (кисломолочне і спиртове), крім того вони різняться інтенсивністю протеолізу, температурою і способом звертання молока і ін. Більш активно протеоліз проходить в продуктах змішаного бродіння.

При виробництві кисломолочних продуктів найважливішими є утворення гелю, тобто перехід колоїдної системи молока із вільно дисперсного стану у зв'язанодисперсний.

**Коагуляцію казеїну** при молочнокислому бродінню викликає молочна кислота, кислотне звертання білків молока. При виготовленні продуктів кисло-сичужним способом на казеїн спільно діють молочна кислота і внесений сичужний фермент.

Суть кислотної коагуляції закладається в наступному. Молочна кислота знижує від'ємний заряд міцел казеїну, так як Н-іони затримують дисоціацію вільних карбоксильних груп і кислотних груп фосфornoї кислоти казеїну: групи  $\text{COO}^-$  переходить в  $\text{COOH}$ , а  $\text{PO}_3^{2-}$  – в  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Внаслідок цього переходу досягається рівність позитивних і негативних зарядів, тобто настає ізoeлектричний стан казеїну (при рН 4,6-4,7), при цьому макромолекули білку втрачають свою розчинність і стійкість. Крім цього, порушується структура ККФК – від нього відщеплюється фосфат кальцію і органічний кальцій, які переходять в плазму молока і дестабілізують міцели казеїну, внаслідок чого настає їх диспергування.

#### **Гелеутворення**

Численними дослідженнями, на основі фізико-хімічних властивостей доказано, що при поступовому зниженні рН молока і наближення його до ізoeлектричної точки

(рН 5,2-5,3) частинки казеїну при стиканні утворюють нерозчинні у воді агрегати і нитки, одночасно з їх утворенням спостерігається і розкладання. Потім процес агрегування починає переважати і проходить формування одної просторової сітки молочного згустку, в петлі якої захоплюється дисперсне середовище з кульками жиру і іншими складовими молока. Тобто настає процес гелеутворення – зворотного перетворення золя в гель.

Характер згустків кисломолочних продуктів – різний. В одних випадках він міцний (добре або погано відокремлює сироватку), в інших – рівний, і ніжний (сметаноподібний), або слабо слизовий. При механічному перемішуванні створюються умови для одержання пластівців подібного згустку, так як ланцюжок агрегированих частинок казеїну розпадаються і вся структура порушується.

За характером зв'язків між частинками казеїну кислотні і кислотно- лужні згустки відносяться до структур змішаного типу – коагуляційно- конденсаційним.

Згідно даних П.А. Ребіндера, при структуроутворенні дисперсних систем можуть утворюватися два типи просторових структур – коагуляційні (тіксотропно-зворотні) і конденсаційні (незворотньо- розпадаючі). Структури відрізняються природою зв'язків і контактів між частинками дисперсної фази.

Для структур коагуляційного типу характерні явища тіксотропії і синерезису.

**Тіксотропія** – здатність структури після розпаду внаслідок якого-небудь механічного впливу відновлюється в часі. **Синерезис** – самовільне ущільнення структури за рахунок перегрупування частинок і збільшення контактів між ними, тобто зжимання гелю і випресовування із нього дисперсного середовища .

Структурні системи, які виникають в молоці при виробництві кисломолочних продуктів, як структури змішаного типу повинні мати незворотньо розпадаючі і тіксотропно-зворотні зв'язки.

Під час формування згустків при виробництві кисломолочних напیتків термостатним способом та просто кваші в соновному утворюються незворотньо-розпадаючі зв'язки. Тіксотропно-зворотних зв'язків в них мало, а в ацидофільному молоці вони взагалі відсутні. Сметана характеризується меншою втратою в'язкості при розпаді структури та великою кількістю тіксотропно-зворотніх зв'язків в порівнянні з кисломолочними напیتками та кисляком. Разом з тим, при виробництві кисломолочних напیتків резервуарним способом дуже важливо отримати згусток з максимальною кількістю тіксотропно- зворотніх зв'язків. При виробництві кисломолочного сиру навпаки – необхідно одержати згусток міцний, який має незначну кількість тіксотропно-зворотніх зв'язків і легко відділяючий сироватку.

Щоб одержати продукт або згусток із певними структурно- механічними і синеретичними властивостями, необхідно уміти контролювати процес гелеутворення і керувати ним.

#### **4.Фактори, які впливають на властивість згустків.**

Структурно-механічні (реологічні) і синеретичні властивості білкових згустків, міцність, еластичність, пластичність, пружність, хрупкість і здатність відділяти сироватку – залежать від складу молока та бактеріальних заквасок, режими теплової і механічної обробки, способу і тривалості коагуляції білків молока і інших факторів.

Склад молока і бактеріальних заквасок. Склад молока, в першу чергу сухих речовин, кількість казеїну і розмір міцел казеїну, зумовлюють швидкість кислотної коагуляції білків, зумовлюючи міцність одержаних згустків. Крім того, від складу молока залежить розвиток молочнокислих бактерій закваски, тобто швидкості накопичення молочної кислоти.

Тривале зберігання сирого молока при низьких температурах викликає зміну структури і складу міцел казеїну внаслідок збільшується в'язкість і міцність кислотних згустків, що утворюються, синерезис уповільнюється. Як наслідок, молоко яке зберігалось при низьких температурах, доцільно направляти на виробництво кисломолочних напитків, а не використовувати для виробництва кисломолочного сиру.

Для покращення структурно-механічних властивостей кислотних згустків і консистенції кисломолочних продуктів (особливо продуктів пониженої жирності)

Рекомендують в початковому молоці збільшувати вміст сухих речовин. В якості білкових добавок в даний час використовують казеїнат натрію, казецити і особливо широко – коприципітати. Копреципітати одержують із знежиреного молока шляхом спільного осадження казеїну і білків сироватки, що зумовлює їх високу біологічну цінність. В залежності від потрібного вмісту в копреципітаті кальцію білки осаджуються за допомогою термокальцієвої або термокислотної коагуляції (коагуляція хлоридом кальцію або соляною кислотою при нагріванні).

Термокальцієва коагуляція білків вперше розроблена і теоретично обґрунтована П.Ф. Дяченко. Механізм дії іонів кальцію полягає в зв'язуванні вільних ОН-груп фосфорної кислоти ККФК, внаслідок чого знижується негативний заряд міцел казеїну. Електронейтральні частинки білку далі

агрегатують, а утворення кальцієвих місточків прискорює цей процес. Хлорид кальцію являється сильною дегідратуючою сполукою, тому викликає додаткову дестабілізацію казеїну, зменшуючи розчинну здатність середовища. Підвищення температури підсилює незворотній процес осадження казеїну. Внаслідок цього коагуляцію білків іонами кальцію зазвичай здійснюють при нагріванні молока до 90 – 95 °С. Разом з казеїном осаджуються денатуровані білки сироватки. Таким чином, термокальцієва коагуляція забезпечує максимальне осадження білків молока. Ступінь використання білків при даному методі складає 96-97 %, в той час як при кислотній коагуляції – 90-95 %, при сичужній – 85,6 %.

Склад бактеріальних заквасок є важливим фактором, визначальним густина і інші структурно-механічні властивості кислотних білкових згустків. Введення до складу бактеріальних заквасок енергійних кислото утворювачів сприяє одержанню міцного згустку з інтенсивним відділенням сироватки, а мало енергійних кислото утворювачів (аромат утворюючих стрептококів) – більш ніжного згустку. Таким

чином, шляхом звичайної комбінації різних видів молочнокислих бактерій можна одержати продукт потрібної консистенції.

Режим пастеризації та гомогенізації – в значній мірі впливає на структурно-механічні властивості згустків і процес синерезису. З підвищенням температури пастеризації збільшується міцність кислотного і кисло-сичужного згустків. Це

можливо пояснити збільшенням вмісту в згустках денатурованих білків сироватки (головним чином  $\beta$ -лактоглобуліну), які підсилюють стійкість їх просторової структури і волого утримуючу здатність.

Шляхом регулювання режимів теплової обробки молока можна одержати згустки з потрібними реологічними властивостями. Для збільшення міцності згустків і попередження відділення сироватки при зберіганні кисломолочних продуктів, кисляку і сметани високі температури пастеризації сировини доцільно використовувати (85-95 °С). При виробництві кисломолочного сиру, для кращого відділення сироватки та зменшення втрати білку з нею необхідно пастеризувати молоко при 78- 80 °С. (табл. 1.)

Таблиця 1. Міцність згустку, при різних температурах пастеризації, Па

Згусток	Температура пастеризації, °С			
	72–74	80	85	90
Кислотний	62	64,5	68	72
Кислотно-	75.1	77,6	79,0	80,

Гомогенізація сировини сприяє підвищенню в'язкості згустків і зниження ступені та швидкості відділення ними сироватки, що пояснюється збільшенням дисперсності жиру з одночасною адсорбцією на поверхні жирових кульок білків плазми, які перешкоджають синерезису згустку. В'язкість кисломолочних продуктів підвищується пропорційно тиску гомогенізації сировини.

Просторову структуру перших – підтримують слабкі зв'язки, структуру других – додатково стабілізують кальцієві місточки. Кислотно- сичужні згустки

краще відділяють сироватку, так як в них швидше порівняно з кислотними проходить ущільнення просторової структури білку (табл. 2.).

Таблиця 2. Показники згустку при різних способах коагуляції молока

Спосіб коагуляції	Міцність згустку, Па*с*10-3	В'язкість згустку, Па*с*10-3	Кількість виділеної сироватки, %, за період, хв.		
			5	15	25
Кислотний	44,5	171	67,8	72.3	74.
Кислотно-	90,5	327	71.5	77.1	77.

Спосіб і тривалість коагуляції білків молока – суттєво впливає на структурно-механічні і синеретичні властивості згустку. Згустки, що утворюються при коагуляції білків, складаються із більш дрібних частин, мають меншу в'язкість і міцність, ніж згустки, які одержані при кислотно- сичужній коагуляції.

Тривалість коагуляції білку молока має важливе значення, але майже неможливо на практиці встановити закінчення коагуляції білків молока. Тому дуже важливим є правильність встановлення моменту готовності згустку перед перемішуванням або розрізанням. За звичай його встановлюють візуально – по одержанню міцного згустку, або по в'язкості і наростанню кислотності.

## **5. Формування біохімічних властивостей кисломолочних продуктів**

Біохімічні властивості кисломолочних продуктів визначаються інтенсивністю протікання молочнокислого і спиртового бродіння лактози, ступенем протеолізу і іншими мікробіологічними і біохімічними процесами. Їх можна характеризувати накопиченням різних продуктів розпаду від молочної кислоти – до розчинних форм азоту, вітамінів і ін.

Утворення молочної кислоти має суттєве значення для формування білкового згустку, який визначає консистенцію кисломолочних продуктів, надає приємний кислуватий смак кефіру, просто кваші, іншим продуктам. Вміст молочної кислоти залежать від складу молока, бактеріальної закваски і технологічних режимів виробництва.

Кількість кінцевих продуктів розпаду (вуглекислоти і спирту) визначається видом дріжджів, що використовуються, кількістю молочного цукру в початковій сировині, температурою, рН середовища, а також тривалістю дозрівання продукту. Накопичення ароматичних речовин здійснюють ароматичні і інші молочнокислі бактерії і дріжджі. Вміст ароматичних речовин визначається складом бактеріальної закваски і в значній мірі умовами сквашування і дозрівання продуктів.

Ступінь і глибина протеолізу залежать головним чином від протеолітичної активності мікроорганізмів заквасок і рН продукту. В процесі життєдіяльності внесені молочнокислі бактерії і дріжджі розкладають білки молока, утворюючи при цьому цілий ряд азотистих і безазотистих сполук. Особливо інтенсивно протеоліз проходить при виробництві кумису. Дослідження розкладання білків при виробництві кисломолочного сиру показало, що ступінь протеолізу залежить від складу заквасок, періоду року і способу виробництва.

Багато кисломолочних продуктів містять антибіотичні речовини, які здатні затримувати ріст збудників кишкових захворювань, туберкульозних паличок і ін. Антибіотичні речовини утворюються внаслідок метаболітичної активності мікроорганізмів заквасок – молочнокислих бактерій і дріжджів.

## **ЛЕКЦІЯ 3**

### **Біохімічні і фізико-хімічні процеси при виробництві сирів.**

#### **План.**

1. Біохімічна характеристика сиропридатності молока.
2. Сичужне згортання молока.
3. Фізико-хімічні і біохімічні основи обробки згустку і сирної маси.



4. Біохімічні процеси при дозріванні сиру.
5. Зміна складових частин сиру при дозріванні.
6. Формування консистенції, малюнку, смаку і запаху сиру.
7. Вади сирів біохімічного характеру.

### **Література:**

1. В: Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І., Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник. Житомир. – Вид-во ЖДУ, Ім. І.Франка 2013, - 208 с.
2. Цехмістренко С.І. Біохімія молока та молокопродуктів: навч. посібник / С.І.Цехмістренко, О.І.Кононський. – Біла Церква, 2014. – 168 с.

Сир являє собою молочний білковий продукт, що володіє високою енергетичною і харчовою цінністю. Енергетична цінність (калорійність) 100 г сиру коливається в широких межах — від 874 до 1674 кДж. Також різноманітний і хімічний склад сирів.

Висока харчова цінність сирів обумовлена в першу чергу великим вмістом (від 15 до 30%) повноцінних молочних білків і продуктів їхнього розпаду. При цьому білки в сирах добре збалансовані з жиром — їхнє співвідношення близьке до одиниці.

Сири також багаті молочним жиром (9—32%), мінеральними речовинами (3,8—8%), особливо кальцієм і фосфором, вітамінами (В<sub>2</sub> і ін.), ароматичними речовинами й органічними кислотами.

Завдяки специфічному гострому сирному смакові й ароматові сири збуджують апетит, підсилюють секрецію шлункового соку і легко перетравлюються.

За рекомендацією Інституту харчування Академії медичних наук кожна доросла людина повинна щодня споживати близько 18 г сиру.

### **1. Біохімічна характеристика сиропридатності молока**

По-перше, молоко повинно мати оптимальний хімічний склад. Це в першу чергу відноситься до білка. Найбільш цінне молоко з високим вмістом білка — воно повинно бути рівним 3, 2% і більше при співвідношенні між жиром і білком від 1,25 до 1,1. Для сироваріння також бажано мати молоко з великими міцелами казеїну, високим вмістом у казеїні фракцій  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\chi$  (у сумі їх повинне бути 91% і більш) і низькою кількістю  $\gamma$ -фракції, що не згортається сичужним ферментом і залишається в сироватці. З цієї причини не можна довго зберігати сире молоко при низьких температурах (4—5°C), тому що тривале збереження (більше доби) приводить до зменшення розміру часток казеїну, збільшенню змісту  $\gamma$ -казеїну і, як наслідок, до повільного згортання сичужним ферментом. Крім того, молоко повинно містити оптимальну кількість солей кальцію—125—130 мг у 100 г. При низькому вмісті кальцію молоко згортається повільно, а нещільний згусток, що утворюється, важко піддається подальшій обробці.

По-друге, молоко повинно характеризуватися визначеними органолептичними, фізико-хімічними і гігієнічними властивостями, тобто повинно мати гарний смак і запах, густину не нижче 1027 кг/м<sup>3</sup>, кислотність не нижче 16 і не вище 19—20°Т і не містити домішки аномального молока (молозива, стародійного молока і молока, отриманого від хворих маститом тварин). У ньому також не повинні міститися спори маслянокислих бактерій і інгібуючі речовини, або з'єднання, що затримують розвиток молочнокислих бактерій: антибіотики, миючі і дезінфікуючі засоби, пестициди і т.д.

Гальмування розвитку молочнокислих бактерій може сприяти розмноженню бактерій групи кишкової палички, маслянокислих бактерій і ін. У результаті знижується якість сиру. Так, наявність залишків пеніциліну в молоці викликає в голландському й іншому сирах з низькою температурою другого нагрівання вади консистенції, малюнка і смаку. Вироблені сири мають тверду, ламку консистенцію, розірваний, з вічками неправильної форми малюнок, гіркий, гнильний смак і т.д.

По-третє, молоко повинно швидко згортатися під дією сичужного ферменту і давати міцний згусток. Оптимальним для сироваріння варто вважати молоко, що має тривалість згортання, обумовлену за допомогою прискореної сичужної проби від 10 до 15 хв. Молоко, що згортається за час більше 15 хв, відносять до сичужно-в'ялого.

При його згортанні виходить в'ялий згусток, що погано виділяє сироватку. Основна причина поганого згортання молока — недолік солей кальцію, що викликаний згодовуванням коровам великих кількостей барди, бурячного жому, пивної дробини й інших видів кормів, бідних кальцієм. У більшості випадків згортання сичужно-в'ялого молока можна прискорити, додаючи розчинні солі кальцію.

## **2. Сичужне згортання молока.**

Безумовно, одним з відповідальних процесів при виробленні сирів є процес згортання білків (молока) сичужним ферментом. Від властивостей (міцності і швидкості виділення сироватки) отриманого згустку залежать проходження інших процесів сироваріння й у кінцевому рахунку якість готового продукту. Отже, сироварові необхідно одержати досить швидко (за 25—30 хв при виробництві твердих сирів і за 50—90 хв при виробленні м'яких) міцний, однак легко відокремлюючий сироватку згусток.

**Хімізм сичужного згортання.** Згортання молока після внесення сичужного ферменту (порошку) проходить у дві стадії.

На першій стадії фермент діє на молекули  $\chi$ -казеїну, що стабілізує частки казеїну. У ньому розриваються певні пептидні зв'язки, що викликає відщиплення досить великих пептидів — макропептидів. У результаті в міцелах залишається не  $\chi$ -казеїн, а пара- $\chi$ -казеїн, що уже нездатний захищати частки казеїну від злипання. Таким чином, у згусток і потім у сирну масу переходить не казеїн молока (казеїнаткальцій-фосфатний комплекс), а *параказеїн* (пара-казеїнаткальційфосфатний комплекс). Параказеїн незначно відрізняється від казеїну — має меншу молекулярну масу і ізоелектричну точку в менш кислому середовищі — при рН 5—5,2. В подальшому при вивченні процесів обробки згустку, сирної маси і дозрівання сиру під білком ми маємо на увазі не казеїн, а параказеїн.

На другій стадії нестійкі (дестабілізовані) міцели казеїну коагулюють. Спочатку вони збираються в невеликі агрегати (до 2—5 часток) і довгі нитки (скупчення 5—20 і більш часток), що потім з'єднуються між собою, утворюючи просторову сітку, або структуру, згустку.

Друга стадія сичужного згортання молока вивчена ще не до кінця. Наприклад, не з'ясовано, за рахунок яких зв'язків і взаємодій частки білка поєднуються один з одним. Це можуть бути взаємодії гідрофобних груп білка, з'єднання часток за допомогою колоїдного фосфату кальцію і т.д. Однак відомо, що процес об'єднання часток білка прискорюється в присутності іонів кальцію, що на зразок «містків» скріплюють їх.

Тривалість одержання згустку (і його міцність) — величина непостійна і залежить від великої кількості факторів.

**Фактори, що впливають на швидкість сичужного згортання молока.** До числа основних факторів, що визначають сичужне згортання молока відносять склад і властивості молока, а також режим пастеризації, кислотність молока і температуру згортання, активність бактеріальної закваски і сичужного ферменту.

*Режим пастеризації.* Нагрівання молока при пастеризації погіршує його наступне згортання і властивості одержуваних згустків. Це в основному викликано зміною фізико-хімічних властивостей білків (денатурацією сироваточних білків, зменшенням розмірів часток казеїну) і порушенням сольової рівноваги в молоці, тому що частина розчинних солей кальцію переходить у нерозчинний стан. Особливо глибокі небажані зміни властивостей білків і солей відбуваються при високих температурах. Тому в сироварінні застосовують низьку температуру пастеризації 71—76°C з витримкою протягом 20—25 с. Для відновлення сольової рівноваги до молока після пастеризації все-таки приходиться додавати відповідну кількість (10—30 г на 100 кг молока) хлориду кальцію.

Недоліком прийнятого в сироварінні режиму пастеризації є те, що при низьких температурах у молоці не знищуються спорові і термостійкі форми бактерій. Однак більш висока температура різко знижує швидкість сичужного згортання молока і якість згустків, що утворюються: міцність і здатність виділяти сироватку. Цей недолік можна ліквідувати, застосовуючи бактофугування молока перед його пастеризацією.

*Кислотність молока і температура згортання.* Свіже пастеризоване молоко погано згортається сичужним ферментом, з нього виходять неміцний згусток і сир зниженої якості. Згортання прискорюється при підвищенні кислотності молока, що пояснюється збільшенням активності сичужного ферменту. Разом з тим якщо при низькій кислотності молока утворюється неміцний млявий згусток, що погано виділяє сироватку (і потім погано обсушується сирне зерно), та висока кислотність молока приводить до утворення надлишково-міцного згустку і виробленню сиру крихкої консистенції. Тому для нормального сичужного згортання й одержання сиру гарної консистенції рекомендують кислотність (зрілість) молока доводити при виробництві твердих сичужних сирів до 18—20°Т, а при виробництві м'яких — до 22—25°Т. На швидкість утворення сичужного згустку і його міцність впливає температура згортання молока — чим вона вище, тим швидше згортається молоко (і міцніший утворений згусток), і навпаки. Тривалість згортання молока скорочується при підвищенні температури від 20°C до температурного оптимуму сичужного ферменту (близько 40°C). На практиці використовують температуру трохи нижче оптимальної (29—35°C), що забезпечує одержання достатньо міцного згустку за порівняно короткий термін. Її вибирають з урахуванням кислотності молока і виду сиру. Для твердих сирів вона дорівнює 32—35°C, для м'яких — 29—32°C.

При температурі нижче 20°C процес згортання молока сповільнюється. При температурі 10°C и нижче молоко практично не згортається, подальше підвищення температури, приводить до утворення згустку. Це явище використовують при безперервному методі виробництва сиру. Спочатку при низьких температурах (2—5°C) проводять першу стадію сичужного згортання, а потім при нагріванні — другу стадію, що завершується утворенням згустку.

*Активність бактеріальної закваски і сичужного ферменту.* Від активності молочнокислих бактерій бактеріальної закваски залежить активна кислотність молока, величина якої визначає швидкість дії сичужного ферменту (а також інтенсивність зневоднювання згустку і сирної маси). Отже, при підборі молочнокислих бактерій варто враховувати їхню енергію кислотоутворення. Сичужний фермент, вироблений із сичугів телят і ягняти і застосовуваний для згортання молока, містить два компоненти: хімозин і пепсин. Обидва ферменти згортають молоко, але хімозин — значно активніший. Отже, молокозгортаюча активність сичужного ферменту залежить від співвідношення цих двох компонентів.

Технічні препарати сичужного ферменту (сичужний порошок), як правило, містять 60—70% хімозину і 30—40% пепсину. Їхню активність доводять до стандартної величини— 10000 умов. один. Під активністю сичужного ферменту розуміють кількість частин молока, що згортається одною частиною ферменту при 35°C на протязі 40 хв. Фермент має оптимальну активність при рН 6,2 і температурі 40°C. Отже, молокозгортаюча активність сичужного ферменту буде залежати від кислотності молока і температури згортання.

Крім сичужного ферменту для згортання молока застосовують більш дешевий пепсин, який одержують зі шлунків дорослих жуйних тварин і свиней. Яловичий і свинячий пепсини володіють у порівнянні із сичужним ферментом меншою молокозгортаючою активністю, але більш високою протеолітичною активністю, тобто активністю розщеплювати білки при дозріванні сирів. Тому сири, вироблені з застосуванням пепсину, часто мають гіркий смак.

### **3. Фізико-хімічні і біохімічні основи обробки згустку і сирної маси.**

Другим не менш важливим процесом сироваріння після сичужного згортання є процес виділення сироватки (вологи) згустком, названий синерезисом. Від кількості вологи в сирній масі і її кислотності залежить інтенсивність мікробіологічних і біохімічних процесів при дозріванні сиру. Свіжа сирна маса повинна містити оптимальну кількість вологи і мати визначені рН і структурно-механічні властивості: твердість, в'язкість і т.д. Інтенсивність виділення сироватки визначається тривалістю, температурою, тиском і іншими режимами обробки згустку і сирної маси.

**Обробка згустку.** Швидкість виділення сироватки при обробці згустку залежить від складу молока, вмісту солей кальцію, режимів пастеризації, кислотності молока і сирної маси, ступеня подрібнення згустку (розміру сирного зерна), температури другого нагрівання, тривалості вимішування й обсушки зерна і т.д. Серед усіх перерахованих факторів, мабуть, найважливішим є кислотність молока і сирної маси. Як відомо, молочнокислі бактерії внесеної в молоко бактеріальної закваски зброжують молочний цукор до молочної кислоти. Молочна кислота впливає як на швидкість згортання молока, так і на процес обробки згустку. Вона знижує електричний заряд білків, у результаті чого вони легко віддають вологу (дегідратують), згусток зтягується й активно виділяє сироватку. Тому згусток, отриманий зі зрілого молока, завжди швидше зневоднюється, чим згусток зі свіжого молока. Разом з тим зайва кислотність молока може привести до інтенсивного зневоднювання згустку і сирної маси, що негативно позначиться на якості готового сиру. У цьому випадку варто проводити

заходи, що загальмовують дегідратацію білків: розкисленню сирної маси, зниженню температури її обробки і т.д.

Інші фактори впливають у такий спосіб. Сприяють виділенню сироватки — додавання до молока солей кальцію, швидке згортання молока, висока температура сирної маси, розрізання згустку і тривале вимішування сирного зерна. Знижують інтенсивність виділення сироватки — сичужно-в'яле молоко, низька кількість у молоці солей кальцію і високий зміст жиру, пастеризація, низька температура згортання молока і сирної маси, великий розмір сирного зерна і т.д.

**Формування, пресування і посолка сиру.** Під час формування і пресування продовжуються процеси, які проходять при обробці згустку, тобто зброжування молочного цукру з поступовим наростанням кислотності до 160—220°Т і подальше зневоднювання сирної маси з одночасним її ущільненням. Від правильності проведення цих процесів залежить формування замкнутого поверхневого шару, консистенції і малюнка готового сиру.

Дуже важливим фактором, що впливає на якість сиру в період формування і пресування, є температура сирної маси. Вибір температури приміщення залежить від якості вихідного молока і виду сиру. Здебільшого її підтримують на рівні 18—20°С при формуванні і 16—20°С при пресуванні сиру. Більш низька температура сповільнює процес молочнокислого бродіння, і внаслідок повільного наростання кислотності погіршується виділення сироватки. Крім того, неправильно проходить ущільнення сирної маси і сири набувають неправильний малюнок у виді щілеподібних порожнеч.

Після пресування сири повинні мати оптимальний вміст вологи і рН, тому що від них залежить інтенсивність ферментативних процесів при дозріванні сиру.

Ступінь посолу сиру — важливий фактор, що регулює мікробіологічні і біохімічні процеси при його дозріванні. Кухонна сіль впливає на формування смаку, запаху, консистенції, кірки і вихід сиру. Кількість солі в сирі залежить від питомої поверхні сиру, щільності зовнішнього шару, вмісту вологи в сирі, а також від способу і тривалості посолки.

При посолці розсолем дифузія солі йде повільно і сир просолюється пошарово від поверхні до центра. Вирівнювання концентрації солі у всіх шарах відбувається лише через 1,5—3 мес. у залежності від виду сиру. На вміст солі в сирі крім вище згаданих факторів сильний вплив роблять концентрація і температура розсолу.

З підвищенням концентрації розсолу збільшуються швидкість проникнення і вміст солі у водній фазі сиру, а також інтенсивність його зневоднювання. Оптимальною концентрацією розсолу прийнято вважати 18—22% для твердих сирів і 16—18% для м'яких і розсільних.

Підвищення температури розсолу також прискорює проникнення солі, підсилює усушку сиру і процес молочнокислого бродіння. Зниженням температури розсолу можна, навпаки, сповільнити швидкість посолки сиру і молочнокислий процес. Звичайно температуру розсолу підтримують у межах 8-12°С.

Посолка сирної маси в зерні сприяє рівномірному розподілу солі по всій масі сиру відразу ж після пресування. Концентрація солі у водній фазі сиру залежить від способу посолки — вона вища при повній посолці в порівнянні з частковою (відповідно 3,5—4,2 і 1—2%). У випадку високої концентрації солі (вище 3,7%) може цілком пригнічуватися розвиток молочнокислих бактерій і знижуватися кислотність

сиру, тобто підвищуватися величина рН. У такому середовищі можуть розвиватися небезпечні для людини стафілококи. Тому для запобігання їхнього розвитку рекомендують використовувати в складі заквасок солестійкі штами молочнокислих бактерій.

#### 4. Біохімічні процеси при дозріванні сиру.

Сир після пресування і посолки являє собою грубу гумисту масу без смаку і вираженого малюнка. Властиві даному сирові хімічний склад і органолептичні показники вона здобуває тільки в результаті глибоких біохімічних і фізичних змін її компонентів у процесі дозрівання. Під час дозрівання молочний цукор зброджується повністю бактеріями з утворенням молочної кислоти й інших побічних продуктів, білки розпадаються на різноманітні азотисті з'єднання, жир гідролізується з вивільненням жирних кислот і т.д. У результаті в сирі утворюються численні органічні сполуки, більшість з яких володіють визначеними смаковими особливостями, а також накопичуються гази (в основному вуглекислий газ). Крім того, змінюються фізико-хімічні властивості сирної маси: в'язкість, густина, кислотність, окислювально-відновний потенціал і т.д. До кінця дозрівання вона здобуває м'якість, пластичність і інші необхідні структурно-механічні властивості. У такий спосіб формуються смак, запах, малюнок і консистенція сиру.

Всі основні зміни складових частин сирної маси в процесі дозрівання відбуваються під впливом численних ферментів, які виділяються пліснями, молочнокислими, пропіоновокислими й іншими бактеріями і цвілевими грибами, а також у результаті дії сичужного ферменту. Причому основна роль належить ферментам мікроорганізмів. Тому інтенсивність біохімічних процесів і їхня спрямованість визначаються в першу чергу обсягом і складом мікрофлори сиру, а також температурою другого нагрівання, вмістом у сирі вологи і солі, його кислотністю і температурними умовами дозрівання.

Отже, сири різних груп дозрівають з різною швидкістю: одні повільніше, інші швидше. При цьому ступінь зрілості — в основному глибина розпаду білків — у них різна. Ступінь зрілості (дозрівання) сирів умовно виражають у відсотках (у відношенні вмісту розчинних у воді азотистих речовин до всієї кількості азотистих з'єднань сиру) або частіше в так званих *градусах Шиловича* (градусах буферності). Чим глибший розпад білків, тим вище буферність сирної маси, або ступінь зрілості сиру. Так, для радянського сиру вона складає 240—280 град, голландського і ярославського — 80—95, російського — 55—100, бринзи — 25—30 град.

Висока температура другого нагрівання при виробленні великих твердих сирів (52—58°C) сприяє зниженню обсягу мікрофлори і вологості сиру, тобто повільному (протягом 4—6 мес) дозріванню, але більш глибокій зміні складових частин, особливо білків.

Низька температура другого нагрівання (36—42°C) обумовлює в дрібних сирах відносно високі обсяг мікрофлори і вміст вологи. У результаті підвищується швидкість ферментативних процесів при дозріванні сирів даної групи. Вони дозрівають швидше (за 1, 5—2, 5 мес), але ступінь зрілості в них нижче в порівнянні з великими сирами.

У дозріванні м'яких сирів беруть участь не тільки ферменти заквасочної, але і поверхневої мікрофлори. Їхньому швидкому дозріванню також сприяє підвищений (48— 52%) вміст вологи в сири після пресування.

У розсільних сирах поварена сіль пригнічує розвиток мікрофлори, тому біохімічні процеси при їхньому дозріванні майже не протікають і ступінь зрілості в них низька.

Для прискорення дозрівання сирів необхідно:

По-перше, можна збільшити дозу бактеріальної закваски, підібрати для неї активні штами молочнокислих бактерій, збільшити її активність шляхом готування гідралізованої закваски, застосувати бактеріальні концентрати і т.д.

По-друге, можна вносити стимулятори, що прискорюють процес дозрівання: неспорові дріжджі, мікроелементи і т.д.

### **5. Зміна складових частин сиру при дозріванні.**

У процесі дозрівання найбільш глибоким змінам піддаються молочний цукор, білки і жир, менш значним — мінеральні речовини і вітаміни. Частина фосфату кальцію переходить у лактат кальцію, і внаслідок розвитку мікрофлори сиру змінюється (знижується або підвищується) вміст деяких водорозчинних вітамінів.

**Зміна молочного цукру.** В усіх групах сирів, за винятком розсільних, молочний цукор повністю зброжується молочнокислими бактеріями протягом перших 5—10 днів дозрівання. При виробленні твердих сирів з високим рівнем молочнокислого бродіння (чеддер, російський) він зброджується повністю уже протягом перших 2—3 діб дозрівання. У результаті накопичується основний продукт молочнокислого бродіння — молочна кислота. Поряд з нею можуть утворитися невеликі кількості інших органічних кислот (мурашина, оцтова, пропіонова, масляна й ін. ), етиловий спирт, вуглекислий газ, а також такі ароматичні речовини, як діацетил і ацетоїн.

Швидкість утворення і кількість молочної кислоти залежать в основному від дози, складу й активності бактеріальної закваски, температури другого нагрівання і виду сиру (головним чином від вмісту в ньому вологи і солі). У великих твердих сирах максимальна кількість молочної кислоти досягає 1, 3—1,4%, у дрібних— 1,6—1,8 і в м'яких сирах — 2—2,3%. Однак до кінця дозрівання зміст молочної кислоти в сирах, як правило, знижується і складає лише 0,4—1%. Це пояснюється тим, що частина її зброжується пропіоновокислими, маслянокислими й іншими бактеріями, частина вступає в реакції із солями, білками і т.д.

Інтенсивність нагромадження молочної кислоти впливає на величину активної кислотності сиру, від якої, у свою чергу, залежать швидкість дозрівання, а також смак, структура, консистенція, тобто в цілому якість готового сиру. Максимальна активна кислотність (рН близько 5,2—5,3) спостерігається на 4— 10-й день дозрівання сиру, потім після 15 днів вона повільно падає внаслідок утворення лужних продуктів розпаду білків і амінокислот.

Отже, для одержання сиру високої якості необхідно правильно регулювати швидкість зброжування молочного цукру і рівень активної кислотності не тільки при згортанні молока й обробці згустку, але й у період дозрівання сиру.

**Зміна білків.** Швидкість і ступінь зміни білків сиру (в основному параказеїну) є головними факторами, що визначають консистенцію, малюнок і інші органолептичні

показники готового сиру. Під впливом сичужного ферменту і протеолітичних ферментів мікрофлори сирів параказеїн частково (20—50%) розпадається з утворенням розчинних у воді азотистих з'єднань. До них відносяться білковоподібні речовини, пептиди різної молекулярної маси, амінокислоти, аміак і ін. Інша частина параказеїну, що нерозкладалась, вступає у взаємодію з молочною кислотою, здобуваючи при цьому властивість набухати в розчині солі.

Склад продуктів розпаду білків, що утворюються, у сирах різний. Він обумовлений протеолітичною активністю мікрофлори, тобто її здатністю розщеплювати білки, а також вмістом у сирі вологи, солі і т.д.

Активність протеолітичних ферментів у молочнокислих бактерій неоднакова — у паличок вона вища, ніж у стрептококів. Тому у твердих сирах з високою температурою другого нагрівання, що дозрівають при участі термофільних молочнокислих паличок (*Lbm. helveticum*, *Lbm. lactis* і ін.), відбувається більш глибокий розпад білків з утворенням більшої кількості амінокислот у порівнянні з пептидами. У твердих сирах з низькою температурою другого нагрівання розпад білків під дією малоактивних протеолітичних ферментів мезофільних молочнокислих стрептококів відбувається неглибоко. Вони містять майже однакову кількість пептидів і амінокислот, а вміст останніх у них нижче в порівнянні з великими сирами. Однак у твердих сирах, що самопресуються, (латвійський і ін.), що дозрівають при участі мезофільних молочнокислих стрептококів і мікрофлори сирного слизу, спостерігається більш активний розпад білків. Зміст розчинних азотистих речовин у них більше, ніж у голландському і радянському сирах, хоча білки розпадаються в основному до пептидів.

У дозріванні м'яких сирів (дорогобужський, рокфор і ін.) поряд з ферментами молочнокислих бактерій беруть участь ферменти культурних плісень і бактерій сирного слизу. У результаті їхньої спільної дії білки сирної маси розщеплюються з утворенням особливо великої кількості розчинних азотистих речовин при малому нагромадженні амінокислот. У розсільних же сирах (бринза й ін.) розпад білків відбувається незначно і неглибоко.

Таким чином, при розпаді білків у всіх групах сирів, що дозрівають, накопичуються пептиди й амінокислоти, що роблять значний вплив на смак готового продукту. Сумарна кількість амінокислот під час дозрівання поступово збільшується як у твердих, так і в м'яких сирах. Однак нагромадження окремих амінокислот по-різному — у міру дозрівання концентрація одних кислот постійно зростає, вміст інших спочатку збільшується, а потім падає. Тому кожен вид сиру характеризується визначеним набором амінокислот.

Амінокислоти, що звільнилися в процесі дозрівання, під дією ферментів мікрофлори піддаються різним змінам. Вони можуть дезамінуватися (втрачати аміак), декарбоксилуватися (відщеплювати вуглекислий газ), вступати в реакції з кетокислотами, переходити в інші амінокислоти і т.д. При цьому утворюються різні з'єднання: карбонові, кето- і оксикислоти, аміни, альдегіди, кетони і т.д. Більшість з них відіграють істотну роль при формуванні смаку й аромату сирів (див. далі).

**Зміна жиру.** Жир сирної маси в процесі дозрівання майже всіх сирів піддається гідролізові під дією ліполітичних ферментів, або ліпаз. Ліпази утримуються у вихідному молоці, сичужному порошку і виробляються молочнокислими, пропіоновокислими бактеріями, бактеріями сирного слизу й особливо активно —



культурними пліснями. У результаті гідролізу жиру вивільняються жирні кислоти, у тому числі леткі жирні кислоти, що володіють вираженим смаком: масляна, капронова й ін.

Інтенсивність розпаду жиру (і нагромадження летких жирних кислот) у сирах різна — у твердих вона нижче, ніж у м'яких. У дрібних твердих сирах жир розщеплюється незначно. Вони містять менше летких жирних кислот, чим великі тверді сири. У швейцарському і радянському сирах гідроліз жиру здійснюють порівняно активні ліполітичні ферменти, які виділяються молочнокислими паличками і пропіоново-кислими бактеріями. Серед летких жирних кислот, що утворюються, у них переважають низькомолекулярні кислоти - оцтова, пропіонова і масляна, щоправда, дві перші кислоти в основному накопичуються при зброжуванні молочного цукру. Гідроліз жиру в м'яких сирах (переважно в кірці) проходить під дією активних ліпаз поверхневої мікрофлори. У сирі рокфор, що дозріває при участі цвілі (*Penic. roqueforti*), що розвивається усередині сиру, гідроліз жиру відбувається з однаковою інтенсивністю як на поверхні, так і усередині голівки. У зрілих м'яких сирах накопичується значна кількість таких летких жирних кислот, як масляна, капронова, каприлова й ін. Крім того, вони містять продукти подальшого окислювання жирних кислот — метилкетони, що мають загальну формулу  $R-CO-CH_3$ , де R — вуглецевий ланцюг різної довжини. Більшість метилкетонів мають гострий смак і можуть впливати на органолептичні показники сирів.

## **6. Формування консистенції, малюнка, смаку і запаху сиру.**

Зрілі сири різних груп характеризуються чітко визначеними органолептичними показниками: консистенцією, малюнком, смаком і запахом. Так, одні сири мають пластичну, однорідну по всій масі консистенцію, інші — пластичну, але ламку при вигині, треті — ніжну, злегка мастку або злегка крихку і т.д. Малюнок може бути з вічок круглої, овальної форми або неправильної і щілеподібної; може він і зовсім бути відсутнім при наявності незначної кількості дрібних щілин, порожнеч і т. д. Смак і запах також неоднаковий — виражений сирний, злегка солодкуватий (пряний) або сирний, злегка гострий і кислуватий або злегка гіркий і аміачний, а деякі сири мають перцево-пікантний смак з легким присмаком гіркоти і т.д.

Отже, специфічність і якість того або іншого сиру залежать від правильності формування його консистенції, малюнка, смаку і запаху. Усі ці показники закладаються вже при обробці згустку і сирної маси, але повне завершення вони одержують у процесі дозрівання сиру.

**Формування консистенції.** Після формування і пресування сир має порівняно однорідну структуру (його грубе тісто складається з з'єднаних між собою сирних зерен), але відрізняється невисокою твердістю. У процесі дозрівання сирна маса ущільнюється, усихає і твердість сиру підвищується. Одночасно зі збільшенням твердості сиру (за рахунок ущільнення й усушки сирної маси) відбувається деяке зниження його щільності, в'язкості і твердості внаслідок розпаду білків, тобто в ньому з'являються м'якість і пластичність. При цьому однорідність структури сиру, що дозріває, по шарах трохи порушується — ущільнення й усушка сирної маси йдуть інтенсивніше в периферійній частині в порівнянні з центральною.

Наприкінці дозрівання сир здобуває визначені структурно-механічні властивості: щільність, в'язкість, твердість, пружність, еластичність і т.д. Ці властивості в основному залежать від хімічного складу параказеїну, кількості і стани вологи в сирі (і вмісту в ньому жиру).

Склад параказеїну обумовлює здатність сирної маси зв'язувати й утримувати вологу, тобто її набухання. Вони тим вище, чим більше кальцію утримується в параказеїні, і навпаки. Вміст кальцію в параказеїні, у свою чергу, залежить від кількості молочної кислоти, яка нагромадилася в сирній масі. Молочна кислота, що утворюється, вступає в реакцію з параказеїном і відщеплюють від нього кальцій у виді лактату кальцію. Отже, якщо в сирній масі накопичується надлишок молочної кислоти, то від параказеїну відщеплюється велика кількість кальцію, сирне тісто погано зв'язує й утримує вологу, сир надобуває недостатньо пластичну консистенцію і ваду «крихка і консистенція, що колеться». При недоліку молочної кислоти, навпаки, від параказеїну відщеплюється незначна кількість кальцію, сирна маса має гумисту консистенцію. Таким чином, для одержання сиру потрібної консистенції необхідно правильно регулювати інтенсивність нагромадження молочної кислоти, тобто величину активної кислотності. Так, для голландського сиру, за даними А. П. Білоусова, рН сирної маси на початку дозрівання повинний бути 5,3—5,9.

При однаковій кислотності сиру консистенція продукту тим краще, чим більше в ньому вологи (і жиру). Низький вміст вологи в сирі внаслідок застосування занадто високої температури другого нагрівання, зайвої обсушки сирного зерна й інших порушень технологічних інструкцій часто приводить до формування твердої, грубої консистенції. Також негативно впливає на консистенцію сиру надмірна його усушка.

У процесі дозрівання всі сири втрачають ту чи іншу кількість вологи, тобто відбувається їхня усушка. Ступінь усушки залежить від вмісту вологи в сирі після пресування, його розмірів, умов дозрівання (температури і вологості повітря в сиросховищі, частоти мийки й обтирання сиру і т.д.) і інших факторів. Хоча усушка сиру закономірна, неї неварто нехтувати, тому що надмірна утрата вологи може обумовити ламку консистенцію готового сиру. Зниження усушки сиру звичайно досягають раннім парафінуванням, покриттям його поверхні білковою композицією й упакуванням у полімерні плівки (поліетилен-целлофан, саран і ін.).

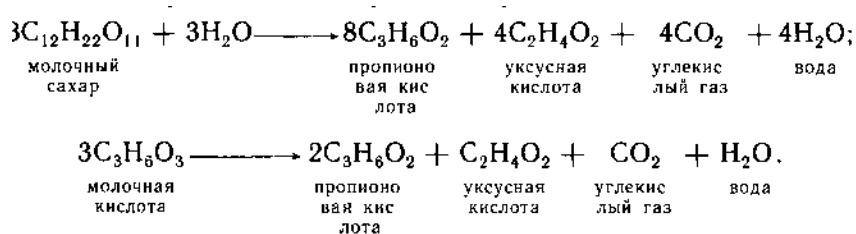
Однак більший вплив на консистенцію сиру робить не кількість вологи в продукті, що дозріває, а її взаємодія з основним компонентом — білком, тобто її стан. Стан вологи в процесі дозрівання сиру міняється в такий спосіб. На початку дозрівання значна частина вологи є вільною (механічно зв'язаною) і лише невелику кількість вологи зв'язують білки. Потім у міру дозрівання підвищується кількість продуктів ферментативного розпаду параказеїну, що більш активно зв'язують вологу. Одночасно підвищується і набухання параказеїну, що не розпався. Таким чином, у період дозрівання збільшується ступінь розпаду білків і в результаті підвищується вміст зв'язаної вологи, що додає консистенції сиру пластичність.

**Формування малюнка.** Утворення малюнка (вічок) у твердих сирах обумовлено виділенням у процесі дозрівання (частково в процесі посолки) газів: вуглекислого газу, водню й аміаку. Крім того, при формуванні сиру разом з повітрям у сирну масу попадають азот і кисень. Гази, що нагромадилися, насичують сирну масу, потім при досягненні граничної концентрації вони виділяються в порожнечі (місця з'єднання

сирних зерен) сирної маси, поступово розширюючи їх і перетворюючи у вічка більш-менш правильної форми. Вуглекислий газ і водень утворюються в сирі при зброжуванні лактози і молочної кислоти молочнокислими ароматутворюючими стрептококами, пропіоновокислими, маслянокислими бактеріями і бактеріями групи кишкової палички. Аміак виділяється при дезамінуванні амінокислот.

Характер малюнка сирів визначається інтенсивністю нагромадження в сирній масі газів і її структурно-механічних властивостей: твердістю, пластичністю й ін. При швидкому нагромадженні газів у сирах утворюються часто розташовані, але дрібні вічка злегка сплюсненої або неправильної, кутастої форми (голландський, російський, латвійський і інший твердий сири з низькою температурою другого нагрівання). При повільному утворенні газів формуються великі, більш правильної круглої або злегка овальні форми, але рідше розташовані вічка (швейцарський, радянський і інший великий твердий сири).

У дрібних сирах з низькою температурою другого нагрівання формуванню малюнка сприяє розвиток ароматутворюючих стрептококів (*Str. diacetylactis*, *Str.*



*paracitrovorus*). У великих сирах з високою температурою другого нагрівання утворення вічок відбувається в результаті повільного розвитку пропіоновокислих бактерій, зброжуючих як молочний цукор, так і молочну кислоту і її солі.

Розвиток у сирах бактерій групи кишкової палички і маслянокислих бактерій викликає вади малюнка.

**Формування смаку і запаху.** Смак і запах сирів формуються в результаті складних і глибоких біохімічних змін молочного цукру, білків і жиру сирної маси, що обумовлюють нагромадження цілого комплексу різних органічних сполук. До них варто віднести жирні й інші карбонові кислоти, амінокислоти, аміни, альдегіди, кетони, спирти, лактони й ін. Усі вони в різному ступені беруть участь у формуванні смаку і запаху сирів: одні (леткі жирні кислоти, метилкетони, аміни і т.д.) роблять на них безпосередній вплив, інші (альдегіди, спирти, лактони і т.д.) являють собою сирний фон.

Інтенсивність утворення всіх перерахованих хімічних сполук у першу чергу залежить від рівня молочнокислого і пропіоновокислого бродіння і активності ферментів (протеолітичних, ліполітичних і ін.), а також визначається якістю молока, складом бактеріальних заквасок і технологічних параметрів вироблення і дозрівання сирів.

Величезну роль у створенні смаку і запаху твердих і м'яких сирів грають леткі жирні кислоти: мурашина, оцтова, пропіонова, масляна, капронова, каприлова й ін. Вони утворюються при броджуванні молочного цукру і розпаді білків і жиру.

У твердих великих сирах (швейцарський, радянський і ін. ) понад 90% усіх летких жирних кислот представлено пропіоноюю і оцтовою кислотами (оптимальне їхнє співвідношення вважається рівним 0,7:1), що додають типовому сирному смакові сирів злегка солодкуватий, пряний присмак. Загальна кількість летких жирних кислот у сирах з низькою температурою другого нагрівання (голландський, російський і ін.) нижче, ніж у великих сирах. Серед них переважають оцтова, масляна, пропіонова і капронова кислоти. Сирний, злегка гострий і кислуватий смак цих сирів обумовлює в основному оцтова кислота, кількість якої повинно складати 50—80% усіх кислот. Високі концентрації масляної кислоти небажані як для великих, так і для дрібних твердих сирів.

У м'яких сирах, що дозрівають за участю плісень (рокфор і ін.), накопичуються масляна, капронова, каприлова, капринова кислоти, що додають їм гострий, перцево-пікантний смак і запах.

Смак сирів залежить від кількості вивільнених при розпаді білків амінокислот і їхніх амінів. Так, на думку проф. З. Х. Діланяна, смак усіх сирів знаходиться в прямій залежності від кількості і набору амінокислот, тому що більшість з них мають виражений смак. Наприклад, аланін, гліцин і пролін — солодкі з'єднання, лізин, лейцин, ізолейцин — гіркі (гірким смаком також володіють і деякі пептиди), а глутамінова кислота має смак м'ясного бульйону. Кількість і набір амінокислот можна регулювати шляхом підбору штамів молочнокислих бактерій.

Аміни (метил-, диметиламин, кадаверин і ін.), що утворюються при декарбоксилюванні амінокислот (їхня загальна формула  $R-CH_2-CH_2NH_2$ ), також володіють специфічним гострим смаком і можуть впливати на органолептичні показники сирів. Вони більше накопичуються в м'яких сирах, хоча їх можна знайти й у твердих сирах.

На смак і запах багатьох сирів можуть впливати карбонільні з'єднання, що утворюються при розпаді молочного цукру, амінокислот і жирних кислот. Це різноманітні альдегіди і кетони. Так, у формуванні специфічного смаку і запаху м'яких сирів беруть участь метилкетони (продукти окислювання жирних кислот) — метилетил-, метилпропілкетон і ін. У твердих сирах метилкетони відіграють меншу роль, однак у них утворюються кетондіацетил і численні альдегіди (оцтовий, пропіоновий, масляний і ін. ).

Смак і запах сирів підсилюються внаслідок наявності молочної кислоти, сірчистих з'єднань, що утворюються при розпаді амінокислот цистеїну і метіоніну, а також спиртів, ефірів, лактонів і ін.

## **7. Вади сирів біохімічного характеру.**

Вади, тобто відхилення від стандартних органолептичних показників сирів, виникають у сирах при порушенні процесів розпаду молочного цукру, білків і жиру під час дозрівання. Вони можуть бути викликані переробкою молока зниженої або підвищеної кислотності, обсемененого сторонньою мікрофлорою, застосуванням малих доз бактеріальних заквасок або їх низькою активністю, а також недотриманням технологічного режиму виробництва (порушенням оптимального вмісту вологи і солі в сирі, рівня активної кислотності, температурних умов другого нагрівання, посолки, дозрівання сиру і т.д. ) і умов збереження сиру.

**Вади консистенції.** Вади консистенції сирів біохімічного характеру в основному зв'язані з порушенням оптимальної кількості в сирній масі молочної кислоти (величини активної кислотності), від вмісту якої залежать інтенсивність відщеплення кальцію від параказеїну і його подальша здатність до набрякання. До них відносяться «крихка», «колюча», «гумиста», консистенції.

**Крихка і колюча консистенції.** Крихка консистенція виникає при переробці молока підвищеної кислотності і внаслідок надмірно активного молочнокислого бродіння молочного цукру. Через надлишок молочної кислоти в сирній масі параказеїн погано набухає, сирне тісто має недостатню связність, легко ламається і кришиться. При газоутворенні таке тісто розколюється й у сирі виникають дрібні і великі тріщини (колюча консистенція, або самокіл), а у випадку пересушування сирного зерна можуть з'явитися внутрішні і зовнішні розриви (свищі) сирної маси.

**Гумиста і ремниста. консистенції.** Вада обумовлена недоліком молочної кислоти в сирній масі, а також зайвої обсушки сирного зерна і низьким змістом вологи в сирі після пресування.

Заходи попередження розглянутих вад консистенції наступні: вироблення сиру зі зрілого молока визначеної кислотності, використання доброякісних бактеріальних заквасок, забезпечення оптимального вмісту в сирі вологи, солі і величини активної кислотності, дотримання температурних режимів другого нагрівання і дозрівання сиру і т.д.

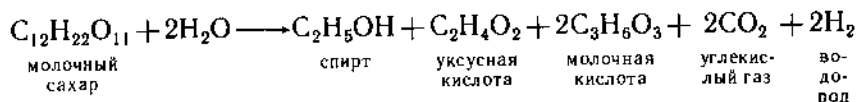
**Вади малюнка.** Вади виникають внаслідок уповільненого розвитку молочнокислих і пропіоновокислих бактерій або обсіменіння молока сторонньою мікрофлорою — бактеріями групи кишкової палички і маслянокислими бактеріями. До вад малюнка відносяться «сліпий сир», «рідкий і дрібний малюнок», спучування сирів, «сітчастий», «губчатий», «щілеподібний і рваний малюнок».

**Сліпий сир.** Вада характеризується відсутністю малюнка, є показником слабого розвитку в голландському й інших дрібних сирах молочнокислих бактерій, особливо ароматутворюючих стрептококів. Причини вади: переробка незрілого молока, внесення малої дози бактеріальної закваски, застосування низької температури посолки, дозрівання сирів і ін. У швейцарському і радянському сирах вада виникає внаслідок слабого розвитку пропіоновокислих бактерій.

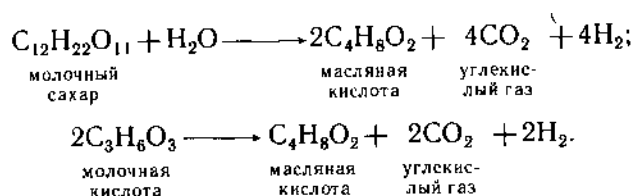
**Рідкий і дрібний малюнок.** У сирах з низькою температурою другого нагрівання вада спостерігається при переробці молока підвищеної кислотності, а також при застосуванні низької температури дозрівання, у великих сирах типу швейцарського — при придушенні розвитку пропіоновокислих бактерій внаслідок пересолу сиру.

**Спучування сирів (раннє і пізніше).** Вада виникає при розвитку в сирах бактерій групи кишкової палички і маслянокислих бактерій, що виділяють у процесі життєдіяльності велика кількість вуглекислого газу і водню.

Бактерії групи кишкової палички викликають раннє спучування сиру, зброжує молочний цукор, вони утворюють спирт, кислоти і значну кількість газів



Маслянокислі бактерії зброжують як молочний цукор, так і молочну кислоту і її



солі. При цьому утворюється особливо багато вуглекислого газу і водню

У результаті розвитку маслянокислих бактерій у радянських і швейцарському (рідше в голландському) сирах виникає пізніше спучування.

*Сітчастий малюнок.* Вада з'являється на початку дозрівання сиру при активному розмноженні бактерій групи кишкової палички.

*Губчатий, щілеподібний і рваний малюнок.* Губчатий малюнок, що переходить потім у щілеподібний і рваний, утвориться в результаті розвитку маслянокислих бактерій. У великих сирах маслянокисле зброжування часто приводить до утворення великих, неправильної форми вічок і щілеподібних порожнеч, а також може викликати поява надмірна великих вічок, так називаного бичачого ока .

Склад газів при проходженні в сирах маслянокислого бродіння відрізняється від складу газів стандартних сирів з гарним малюнком — у ньому переважає водень, а не вуглекислий газ.

Заходами попередження вад «сліпий сир» і «рідкий і дрібний малюнок» у дрібних сирах є: застосування оптимальних доз бактеріальної закваски, витримування температурних умов, що рекомендуються технологічними інструкціями, посолки і дозрівання сирів, а при виробленні швейцарського і радянського сирів — використання культур пропіоновокислих бактерій.

Для попередження спучування сирів і утворення сітчастого, губчатого, щілеподібного і рваного малюнків необхідно ретельно контролювати якість молока (не допускати в переробку молоко, обсеменене маслянокислими бактеріями і їх спорами), застосовувати бактофугування молока, активні культури молочнокислих бактерій і підвищена кількість закваски, використовувати антагоністичну бактеріальну закваску (закваску, що містить молочнокислі палички *Lbm. plantarum* і інші бактерії) або бактеріальний концентрат, що володіє антагоністичною дією стосовно маслянокислих бактерій і т.д.

**Вади смаку і запаху.** Вади виникають при неправильному підборі заквасочних культур, недостатньому або зайвому розвитку корисної мікрофлори або при обсемененні молока сторонніми мікроорганізмами — маслянокислими, психротрофними й іншими бактеріями.

*Гіркий смак.* Вада обумовлена нагромадженням у сирі гірких пептидів. Звичайно в першій половині дозрівання сирів гіркуватий смак відчувається внаслідок утворення середньо- і низькомолекулярних пептидів, але потім у міру їхнього розщеплення він зникає. При затримці дозрівання сиру гіркий смак може зберегтися до кінця дозрівання. Вада може також мати мікробіологічне походження.

*Прогірклий смак.* Прогірклий смак часто виникає у твердих сирах (російський, чеддер і ін.). Його викликають великі кількості низькомолекулярних жирних кислот, головним чином масляна кислота. Утворенню масляної кислоти сприяють ліполітичні ферменти психротрофних бактерій, що активно розщеплюють жир у процесі тривалого збереження сирого молока, а також розвиток у сирі маслянокислих бактерій. У м'яких сирах ваду можуть викликати ліпази плісень.

*Салистий смак і запах.* Ця вада з'являється в сирах при розвитку маслянокислих бактерій і окислюванні жиру сирної маси м'яких сирів під дією світла і кисню повітря з утворенням окисикислот і альдегідів, що мають салистий смак і запах.

*Аміачний смак і запах.* Вада виникає в латвійському й іншому сирах, що дозрівають при участі мікрофлори сирного слизу і характеризується гострим, злегка аміачним смаком і запахом. При зайвому розвитку сирного слизу і нагромадженні великої кількості аміаку смак і запах сирів стають зайво аміачним. У твердих пресованих сирах вада спостерігається при розвитку на поверхні сирних голівок слизу.

*Кислий смак.* Явно виражений кислий смак твердих сирів з низкою і високою температурою другого нагрівання викликається нагромадженням великої кількості молочної кислоти. Його причинами можуть бути використання молока підвищеної кислотності і зайво високий рівень активної кислотності сиру після пресування.

*Слабковиражений смак.* Причиною вади є застосування малоактивних бактеріальних заквасок молочнокислих бактерій, що володіють низькою здатністю до кислотоутворення і розщеплення білків. У швейцарському і радянському сирах також викликається слабким розвитком пропіоновокислих бактерій.

Заходами попередження перерахованих вад: застосування в складі заквасок штамів молочнокислих бактерій, здатних гідролізувати гіркі пептиди, зниження ступеня обсеменення молока психротрофними і маслянокислими бактеріями, запобігання зайвого розвитку на поверхні сирів, що самопресуються, сирного слизу, використання молока оптимальної кислотності, підтримка необхідного рівня активної кислотності, застосування бактеріальних заквасок з високою кислотоутворюючою і протеолітичною активністю, дотримання температурних умов дозрівання і т.д

## ЛЕКЦІЯ 4

### Біохімічні і фізико-хімічні процеси при виробництві масла та молочних консервів.

#### План

1. Біохімічна характеристика вершків, які використовують для виробництва масла.

2. Фізико-хімічні основи виробництва масла збиванням вершків і перетворенням високожирних вершків.
3. Структура масла, її вплив на консистенцію і стійкість масла при зберіганні.
4. Формування смаку і запаху вершкового масла.
5. Вади масла хімічного і біохімічного характеру.
6. Фізико-хімічні основи виробництва згущених молочних продуктів.
7. Фізико-хімічні основи виробництва сухих молочних продуктів.
8. Вади згущених і сухих молочних продуктів фізико-хімічного і біохімічного характеру.

## ЛІТЕРАТУРА

### 1. Основна

*1. Славов В. П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І.* Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник. Житомир: Видавництво ЖДУ ім. І.Франка, 2013. 208 с.

*2. Цехмістренко С. І., Кононський О.І.* Біохімія молока та молокопродуктів : навч. посібник. Біла Церква : Білоцерк. кн. ф-ка, 2014. –168 с.

### Додаткова

*1. Шевчук Т. В., Огороднічук Г.М.* Біохімія молока і молочних продуктів: Навчальний посібник. Вінниця: ОЦ ВНАУ, 2010. 88 с.

*2. Грек О. В., Красуля О.О.* Молокопереробка. Інновації : підручник. Київ : НУХТ, 2017. 390 с.

*3. Скарбовійчук О. М., Кочубей-Литвиненко О. В., Чернюшок О. А., Федоров В. Г.* Хімічний склад і фізичні характеристики молочних продуктів : довідник : навч. Посібник. Київ НУХТ, 2012. 311 с.

Вершкове масло — цінний висококалорійний харчовий продукт, що володіє специфічними властивими йому смаком, запахом, кольором, консистенцією і гарною засвоюваністю.

Висока енергетична цінність, або калорійність вершкового масла усіх видів викликана великим вмістом жиру, при окислюванні 1 г якого в організмі людини вивільняється 37,7 кДж (9 ккал).

По харчовій цінності вершкове масло поступається сирам і іншим молочним продуктам внаслідок меншої збалансованості основних харчових речовин: білків, жирів і вуглеводів. Крім того, воно містить порівняно мало біологічно важливих поліненасичених жирних кислот: лінолеву, ліноленову, арахідонову.

Разом з тим вершкове масло містить важливі для людського організму фосфоліпіди (лецетин і ін. , жиророзчинні вітаміни (А, D, E),  $\beta$ -каротин, а також молочний цукор і мінеральні речовини

### 1. Біохімічна характеристика вершків, які використовують для виробництва масла.

Вершки характеризуються певними фізичними і хімічними властивостями: густиною, в'язкістю, поверхневим натягом, температурою замерзання, кислотністю і т.д. Фізичні властивості міняються в залежності від вмісту жиру і температури вершків. Густина вершків знижується з підвищенням жирності і збільшенням температури, в'язкість також зменшується зі збільшенням температури, але зростає з підвищенням жирності вершків.



Кислотність вершків (титрована й активна) залежить від кислотності вихідного молока і знижується зі збільшенням вмісту в них жиру.

Вершки, що йдуть на виробництво вершкового масла, повинні задовольняти наступні вимоги: вершки повинні мати визначені органолептичні властивості, бактеріальну забрудненість, кислотність і вміст жиру. Так, не можна використовувати вершки зі сторонніми смаком і запахом (кормові й ін. ) і після проходження в них ліполізу, тому що масло, вироблене з таких вершків, може набути вади смаку і запаху. Кислотність вершків різної жирності повинна бути не вище величин, установлених для I і II сортів.

Вміст жиру у вершках у залежності від методу виробництва масла повинен бути: 32—37% для перетворення високожирних вершків і збивання вершків у масловиготовлювачах періодичної дії і 36—45% для збивання в масловиготовлювачах безперервної дії. Від вмісту жиру у вершках залежать стабільність жирової емульсії, швидкість твердіння жиру під час охолодження і т.д.

Вершки являють собою стійку емульсію жиру у воді (плазмі). Стійкість жирової фази вершків подібно молоку обумовлена наявністю захисних оболонок на жирових кульках. Оболонки кульок мають складну структуру, складаються з лецитину, білків і інших компонентів, мають негативний заряд і оточені молекулами води. Вони володіють визначеними структурно-механічними властивостями (пружністю, механічною міцністю і т.д. ), тому стійкі до руйнування.

Стабільність жирової фази вершків залежить від розмірів жирових кульок і складу жиру: вона тим вище, ніж дрібніші жирові кульки і нижча жирність вершків. Так, у вершках з масовою часткою жиру від 10 до 63% жирові кульки рівномірно розподіляються в обсязі плазми і не стикаються один з одним, тобто емульсія має велику стійкість. При підвищенні масової частки жиру до 72% жирові кульки зближаються, але тільки частина їх знаходиться в постійному контакті один з одним.

У високожирних вершках з масовою часткою жиру вище 72, 5— 74% уже всі жирові кульки стикаються один з одним, тому більшість з них знаходяться в деформованому стані, а їхні оболонки розтягуються. Отже, високожирні вершки являють собою досить стабільну жирову емульсію, жирові кульки якої щільно упаковані і розділені найтоншими прошарками плазми. Однак стійкість емульсії легко порушується при охолодженні і механічній обробці вершків.

**На стабільність жирової фази вершків** значний вплив має температура. Вона найбільш стабільна при температурі вище крапки затвердіння молочного жиру — в інтервалі температур від 40 до 80°C. При температурі вище 80°C стабільність жирової фази знижується, вона зменшується також у результаті затвердіння жиру при охолодженні вершків. Таким чином, стабільність жирової емульсії вершків міняється під час їхньої пастеризації й охолодження.

Як відомо, у маслоробстві застосовують високі температури пастеризації вершків (вище 85°C), що викликано необхідністю руйнування ліпаз, що негативно впливають на жир під час дозрівання вершків і збереження готового продукту. Крім того, за допомогою високих температур домагаються утворення у вершках ароматичних речовин, необхідних для формування смаку і запаху вершковому маслу.

Зміни складових частин вершків при пастеризації аналогічні змінам, що відбуваються в молоці.

*Під час пастеризації спостерігається збільшення середнього діаметра жирових кульок, тобто зменшення їхнього ступеня дисперсності.* Застосована наступна дезодорація також сприяє зменшенню кількості дрібних (розміром менш 2 мкм) жирових кульок і підвищенню числа великих і середніх.

*У процесі пастеризації (і дезодорації) відбуваються зміни компонентів оболонок жирових кульок вершків, у першу чергу білків, що супроводжується зниженням стабільності оболонок, тобто підвищується ступінь дестабілізації (руйнування) жирової емульсії. Кількість дестабілізованого (вільного) жиру у вершках збільшується з підвищенням температури пастеризації (і зниженням ступеня розрідження в дезодораторі).*

**Режим пастеризації** також впливає на структурно-механічні властивості масла: твердість, пружність і ін.

Для підготовки до маслоутворення в процесі фізичного дозрівання або термомеханічної обробки вершки охолоджують до температури нижче крапки затвердіння, або застигання, молочного жиру. У результаті твердіння молочного жиру стабільність жирової дисперсії вершків зменшується і відбувається її часткове руйнування.

При охолодженні відбувається кристалізація тригліцеридів молочного жиру як у емульгованому (усередині жирових кульок), так і в деемульгованому стані. У результаті молочний жир твердне. Але повного затвердіння молочного жиру не відбувається — при будь-якій температурі у вершках залишається рідкий жир. На ступінь затвердіння жиру впливають температура і тривалість охолодження, а також хімічний (тригліцеридний) склад жиру..

Процес затвердіння жиру проходить нерівномірно, тому що молочний жир складається з тригліцеридів з різною температурою плавлення і затвердіння. Спочатку виникають центри кристалізації і тверднуть високо- і середньоплавкі тригліцериди, потім легкоплавкі. При цьому утворюються кристалічні агрегати з декількох молекул тригліцеридів, тобто змішані кристали, що мають різну форму і розміри. На початку кристалізації — це нещільно упаковані молекули тригліцеридів, що представляють собою окремі дрібні кристали нестабільної форми (її називають  $\alpha$ -формою). Потім у результаті перекристалізації молекули тригліцеридів упаковуються щільніше і дрібні кристали збираються в більш великі у виді пластинок і зірочок (сферолітів). Таким чином, нестабільна форма кристалів переходить у більш стабільні форми ( $\beta$ -форми), тобто здійснюються фазові перетворення твердого жиру.

При охолодженні змінюються властивості оболонок жирових кульок. Унаслідок переходу частини оболонкових компонентів у плазму оболонки стають менш еластичними і механічно міцними. Крім того, у результаті затвердіння молочного жиру кульки стискаються і деформуються. Усе це приводить до ушкодження оболонок і зниженню їхніх захисних властивостей. При цьому чим більше будуть розтягнуті оболонки жирових кульок, тим при меншій кількості твердого жиру усередині кульок вони розірвуться. Отже, при охолодженні високожирних вершків оболонки жирових кульок розриваються швидше, ніж у вершках з меншим вмістом жиру. У результаті розриву оболонок деякої частини жирових кульок настає часткова дестабілізація жирової фази вершків, або часткове деемульгування вершків.

Також при охолодженні, починається структуроутворення — виникнення зв'язків між отверділими жировими кульками з утворенням скупчень (агрегатів, грудочок). Початкова стадія структуроутворення відбувається при виробництві масла збиванням вершків у процесі фізичного дозрівання вершків, а при виробництві масла перетворенням високожирних вершків — під час обробки вершків у маслоутворювачі.

Повне деемульгування вершків зі зміною типу емульсій і остаточне формування структури масла настають при механічній обробці в масловиготовлювачі або маслоутворювачі.

## **2. Фізико-хімічні основи виробництва масла збиванням вершків і перетворенням високожирних вершків.**

Масло являє собою концентрат молочного жиру — його масова частка у вершковому маслі різних видів коливається від 82,5 до 62,5%. Отже, виробництво масла будь-яким методом зводиться до звільнення і концентрування жирової фази молока при одночасному формуванні структури готового продукту. Основними фізико-хімічними процесами маслоутворення є затвердіння жиру, обернення фаз і структуроутворення.

**Фізико-хімічні основи виробництва масла збиванням вершків.** Формування структури солодко-вершкового масла, отриманого збиванням вершків, відбувається в результаті фізико-хімічних змін жирової фази під час фізичного дозрівання і збивання вершків. При виробництві кисло-вершкового масла до цих змін додаються біохімічні процеси на стадії сквашування вершків.

**Фізичне дозрівання вершків.** Метою фізичного дозрівання вершків є затвердіння оптимальної кількості жиру і формування структурних зв'язків між отверділими жировими кульками. Затвердіння частини жиру для даного методу необхідно, тому що виділити жир з жирових кульок і одержати масляне зерно в процесі збивання вершків можна тільки при наявності твердого жиру. Крім того, ступінь затвердіння жиру під час охолодження і витримки вершків впливає на процес збивання і консистенцію готового масла. На думку фахівців, **оптимальним ступенем затвердіння жиру варто вважати 30—35% загальної кількості жиру.**

Найбільш інтенсивно жир твердне в перші хвилини і години охолодження вершків. Кожній температурі охолодження і тривалості витримки відповідає визначений ступінь затвердіння жиру. **Критичною температурою для затвердіння жиру вважають 10—13°C**, при більш високій температурі воно не відбувається. Зі зменшенням температури і збільшенням тривалості витримки ступінь затвердіння жиру підвищується, але частина його завжди залишається в рідкому стані. Таким чином, при дозріванні вершків настає момент, коли затвердіння жиру припиняється і встановлюється рівновага між твердим і рідким жиром.

Затвердіння (кристалізація) жиру в жирових кульках у стані спокою відбувається пошарово: спочатку кристалізується шар високоплавких тригліцеридів, розташований біля оболонки, потім середньоплавкі шари усередині кульки. Отже, усередині жирової кульки утворюється свого роду каркас з отверділого жиру.

За затвердінням жиру відбувається агрегатування, тобто утворення скупчень (грудок) отверділих жирових кульок. Агрегатуванню кульок сприяють зміна складу оболонок і рідкий жир, що виділився при руйнуванні частини оболонок. У результаті

затвердіння й агрегування жиру підвищується в'язкість дозрілих вершків. Підвищення в'язкості вершків також обумовлює набрякання білків, що під час охолодження і витримки активно зв'язують вологу.

Режими фізичного дозрівання (температура і тривалість витримки) вершків впливають як на процес збивання, так і на якість готового масла. Їхній вибір визначається хімічним складом молочного жиру вершків, що залежать від пори року, видом виробленого масла, величиною жирових кульок вершків і т.д. Так, **для одержання масла гарної консистенції необхідно в отверділому жирі мати співвідношення між легкоплавкими і високоплавкими групами тригліцеридів 2:1**. Тому восени й узимку, коли в жирі молока підвищується кількість насичених жирних кислот, підбирають режим дозрівання вершків, що сприяє збільшенню вмісту у твердому жирі легкоплавких тригліцеридів (ступінчатий зимовий режим). Це допомагає зменшити твердість і підвищити пластичність виробленого масла.

Весняне і літнє молоко характеризується більш високою кількістю в жирі ненасичених жирних кислот. Отже, для одержання масла потрібної твердості і термостійкості треба застосовувати інший режим дозрівання вершків, що забезпечує збільшення вмісту високоплавких тригліцеридів (ступінчатий літній режим).

Порівняно тривалий процес дозрівання вершків можна скоротити, застосовуючи механічний вплив. Для цієї мети вершки механічно обробляються (струшуються) у масловиготовлювачі при температурі затвердіння середньоплавких тригліцеридів (3—6°C). Механічний вплив прискорює процеси кристалізації тригліцеридів молочного жиру й агрегування жирових кульок. Правда, механічна обробка сприяє зменшенню середнього діаметра жирових кульок, а великі швидкості обертання мішалки можуть викликати сильне збільшення ступеня дестабілізації жирової фази, тобто підвищення кількості вільного жиру у вершках. Усе це може збільшити втрати жиру зі сколотинами і додати маслу знижену термостійкість.

**Біологічне дозрівання вершків.** У процесі біологічного дозрівання, або сквашування вершків під дією бактеріальної закваски, поступово збільшується титрована кислотність вершків. При цьому кислотність плазми вершків підвищується з 16—20 до 35—60°Т, а залежна від неї величина рН знижується з 6,6—6,8 до 4,8—5,7. Підвищення кислотності плазми вершків супроводжується зростанням їхньої в'язкості. Особливо різке збільшення в'язкості вершків настає при кислотності плазми вершків вище 57—60°Т. Підвищення в'язкості вершків у процесі сквашування можна пояснити зміною властивостей білків плазми й утворенням скупчень жирових кульок.

В міру наростання кислотності міняються властивості і склад оболонок жирових кульок. Оболонки стають неміцними, внаслідок чого настає дестабілізація жирової дисперсії вершків. Таким чином, у процесі сквашування у вершках у кілька разів підвищується кількість дестабілізованого жиру. Зростає також піноутворююча здатність вершків. У результаті сквашені вершки збиваються швидше свіжих, несквашених вершків. Тривалість збивання визначається величиною рН — чим вона нижче, тим швидше збиваються вершки. Однак безмежно збільшувати ступінь сквашування вершків не можна, тому що висока кислотність плазми масла сприяє окисному псуванню жиру. Варто дотримувати величини кислотності плазми вершків (35—55°Т), що рекомендується технологічною інструкцією. При виборі ступеня сквашування вершків необхідно враховувати якість вихідних вершків, пору року, а

також здатність молочнокислих стрептококів накопичувати ароматичні речовини: діацетил, ацетоїн, оцтовий альдегід, леткі кислоти й ін.

**Збивання вершків.** Збивання вершків є завершальною стадією маслоутворення в масловиготовлювачах періодичної і безперервної дії. Під час збивання вершків у результаті механічного впливу відбувається злипання (агрегація) жирових кульок з утворенням масляного зерна. На початку процесу жирова дисперсія вершків повністю руйнується, затверділі жирові кульки утворюють спочатку дрібні агрегати, потім більш великі грудочки — масляні зерна. При цьому з твердого жиру формується просторовий каркас майбутньої структури масла.

Існує кілька теорій, що пояснюють агрегацію жирових кульок з утворенням масляних зерен: флотаційна, гідродинамічна й ін. Відповідно до найбільш обґрунтованої флотаційної теорії А. П. Білоусова агрегація жирових кульок відбувається на поверхні повітряних пухирців. Повітряні пухирці (піна) утворюються при входженні повітря у вершки під час їхнього збивання в масловиготовлювачах. Жирові кульки з частково затверділим жиром втягуються у повітряні пухирці, або флотуються ними. Далі в процесі збивання кульки зближаються на поверхні повітряних пухирців і поєднуються в невеликі агрегати з одночасним руйнуванням своїх оболонок. Великі пухирці піни потім лопаються, а первинні жирові агрегати, що звільнилися, знову втягуються поверхнею повітряних пухирців, поєднуються з новими жировими кульками і т.д. Наприкінці збивання вершків піна руйнується й утворюються великі грудочки жиру — масляні зерна.

Остаточне утворення структури масла з розрізненими масляними зернами відбувається під час формування шару масла і його механічної обробки. При цьому закінчується процес зміни характеру жирової емульсії, що вже почався під час фізичного дозрівання і збивання вершків. У результаті механічної обробки молочний жир стає дисперсійним середовищем, у якому розподіляються краплі вологи (плазми) масла. Розмір і рівномірність розподілу вологи, а також вміст в маслі повітря залежать від інтенсивності механічної обробки масла.

**Фізико-хімічні основи перетворення високожирних вершків в масло.** Структура високожирних вершків перетворюється в структуру масла в результаті термомеханічної обробки вершків у маслоутворювачі, де вони одночасно охолоджуються й інтенсивно механічно перемішуються. При термомеханічній обробці вершків прискорюється процес кристалізації тригліцеридів (в основному високоплавких) усередині жирових кульок і відбувається майже повне руйнування оболонок жирових кульок: на початку механічної обробки їх руйнується 60—80%, до кінця — 94—98%. При цьому з кульок звільняється рідкий жир, що складається з легкоплавких тригліцеридів. Відразу ж настає процес обернення фаз

**Процес обернення фаз** — це перехід прямої емульсії типу «масло у воді» у зворотну емульсію типу «вода в маслі». У процесі обернення фаз дисперсна фаза (масло) прямої емульсії розтягується і потім охоплює дисперсійне середовище (воду), що у зворотній емульсії стає дисперсною фазою.

Таким чином, у результаті обернення фаз у високожирних вершках безперервним (дисперсійним) середовищем стає рідкий жир, у якому розподіляються краплі вологи і кристали тригліцеридів. Процес обернення фаз проходить досить швидко, але все-таки

в маслоутворювачі існує як пряма, так і зворотна емульсія. Тільки наприкінці дестабілізації високожирних вершків переважає зворотна емульсія.

Майже одночасно із оберненням фаз відбувається масова кристалізація тригліцеридів рідкого жиру, що утворився при розплавлюванні отверділої частини жиру (його називають розплавом). При поступовому охолодженні високожирних вершків (спочатку до 22°C, потім до 10—15°C) процес кристалізації проходить по групах тригліцеридів: спочатку кристалізуються високо- і середньоплавкі, наприкінці — легкоплавкі тригліцериди. Правда, кристалізація легкоплавких тригліцеридів у процесі термомеханічної обробки незначна, вона закінчується під час термостатування і зберігання масла. При термостатуванні завершуються і фазові перетворення молочного жиру.

У період масової кристалізації тригліцеридів молочного жиру починається формування структури масла. По досягненню визначеної кількості твердого жиру кристали тригліцеридів, що утворюються, взаємодіють між собою й утворюють просторову структуру (структурний каркас). Остаточне формування і зміцнення структури масла відбуваються після виходу продукту з маслоутворювача.

### **3. Структура масла, її вплив на консистенцію і стійкість масла при зберіганні.**

Масло, вироблене двома методами, має неоднакову структуру. Тому воно характеризується і різними структурно-механічними властивостями, що визначають консистенцію продукту. Також є різниця в стійкості масла при зберіганні, тобто стійкості проти гідролітичного, окисного й іншого видів псування, що виникає під час тривалого зберігання.

Відмінності між структурами масла, виробленого збиванням вершків і перетворенням високожирних вершків. Під структурою, або будовою, масла прийнято розуміти просторове розташування і взаємозв'язок між окремими компонентами (жиром, плазмою і повітрям) масла. Структура будь-якого виду масла складається з аналогічних структурних елементів: у безперервній фазі рідкого жиру розподілені (більш-менш рівномірно) краплі плазми, кристалічний жир і пухирці повітря. У краплях плазми масла можна бачити окремі жирові кульки з частково або повністю збереженими оболонками.

Структура масла отриманого, різними методами відрізняється за такими ознаками: розмірами кристалів жиру і краплі плазми, рівномірністю розподілу їх в маслі, а також кількістю незруйнованих жирових кульок і включень повітря. Є різниця в характері взаємодії між кристалами тригліцеридів жиру, тобто в просторовому, або кристалічному каркасі.

В маслі, виробленому збиванням вершків у масловиготовлювачах безперервної і періодичної дії, утримуються дрібні (розміром менш 1 мкм), рівномірно розподілені кристали жиру, що представляють собою агрегати кристалів, або мікрозерна, що сформувалися в межах жирової кульки. Масло, отримане перетворенням високожирних вершків, має більш великі (більш 1 мкм) кристали, що утворилися в результаті кристалізації тригліцеридів жиру з розплаву. Зустрічаються в ньому й окремі дрібні кристали. Масло, отримане перетворенням високожирних вершків, характеризується рівномірним і тонким розподілом плазми. У ньому утримуються в основному краплі

плазми діаметром від 1 до 5 мкм і лише незначна кількість більших крапель. В маслі, виробленому збиванням вершків, плазма розподілена менш рівномірно і має більш високий середній розмір крапель. Містить воно і великі (діаметром 9—15 мкм) краплі плазми.

При виробленні масла перетворенням високожирних вершків ступінь дестабілізації жирової фази вершків нижче — у ньому утримується 2% і більше жиру в емульгованому виді, а в маслі, отриманому збиванням вершків, лише 0,3—0,4%. Правда, у першому виді масла в 2—10 разів менше вміст повітря, чим у другому виді масла.

Просторовий каркас структури масла формується кристалами тригліцеридів жиру. У залежності від характеру контактів між кристалами розрізняють два типи структур: коагуляційну і кристалізаційну.

Коагуляційна структура створюється силами зчеплення між кристалами тригліцеридів, що розділені прошарками рідкого жиру (коагуляційні контакти). Структура характеризується зниженою механічною міцністю, але вираженими пластичними властивостями. Кристалізаційна структура являє собою каркас зі з'єднаних кристалів тригліцеридів жиру (фазові контакти). Вона має підвищену міцність, твердість, але одночасно крихкістю, ламкістю і поганим відновлюванням після механічного руйнування.

Прийнято вважати, що вершкове масло, вироблене двома методами, має структуру змішаного типу, але з перевагою коагуляційних або фазових контактів. Так, масло, отримане збиванням вершків, має коагуляційно-кристалізаційну структуру (її також називають зернистою), тобто характеризується більш вираженими коагуляційними контактами між кристалами. У структурі масла, виробленого перетворенням високожирних вершків, переважають фазові контакти, тобто йому властива кристалізаційно-коагуляційна, або так називана гомогенна структура.

Вплив структури на консистенцію масла. Консистенція масла не повинна бути занадто твердою, ламкою, крихкою або м'якою, тобто повинна мати пластичність, гарну здатність до намазування, але зберігати свою форму навіть при 20—25°C. Отже, консистенція масла характеризується визначеними структурно-механічними властивостями, що визначаються структурою продукту. До цих властивостей ми відносимо твердість (стійкість до зовнішніх деформацій), пружність, або відновлювання структури масла після руйнування, термостійкість (здатність масла зберігати форму при 30°C), здатність до витікання (при 25°C) з масла рідкого молочного жиру, пластичність, липкість, здатність до намазування й ін. Більшість з перерахованих властивостей залежать від кількості в структурному каркасі масла отверділого жиру, співвідношення в ньому коагуляційних і фазових контактів, розміру і рівномірності розподілу в маслі кристалів тригліцеридів і крапель плазми, вмісту повітря і т.д. Так, кількість отверділого жиру впливає на твердість і пружність масла. Воно визначається хімічним складом жиру, температурою пастеризації (чим вона вище, тим нижче ступінь затвердіння високоплавких тригліцеридів жиру, і навпаки) і фізичного дозрівання вершків (з її підвищенням знижується кількість твердого жиру) і іншими факторами.

Перевага в структурі масла коагуляційних контактів додає консистенції м'якість, пластичність, термостійкість, перевага фазових контактів — твердість, крихкість,

підвищену здатність до витікання рідкого жиру і т.д. Співвідношення контактів залежить від методу вироблення масла, режимів охолодження і механічної обробки вершків.

Розміри кристалів тригліцеридів впливають на терmostійкість і здатність до виділення з масла рідкого жиру — дрібні кристали утворюють більш розвинуту поверхню, що краще утримує рідкий жир. Розміри кристалів визначаються методом вироблення масла, температурної пастеризації, а також інтенсивністю охолодження і механічної обробки вершків.

Твердість і міцність вища в маслі, виробленого перетворенням високожирних вершків, у порівнянні з маслом, отриманим збиванням вершків. Разом з тим перше масло має менші пластичність, терmostійкість, пружність, липкість і здатність до намазування.

Вплив структури на стійкість масла при зберіганні. Стійкість вершкового масла при зберіганні, тобто стійкість проти мікробіологічного (гідролітичного і ін. ) і окисного видів псування, що ми будемо розглядати далі, визначається поряд з іншими факторами структурою продукту. Мікробіологічне й окисне псування молочного жиру протікає головним чином на границі фаз жир — вода і жир — повітря. Отже, стійкість масла буде залежати від дисперсності (розміру крапель) плазми і вмісту в маслі повітря. Зі збільшенням ступеня дисперсності плазми знижується стійкість масла до окисних процесів. Окислюванню жиру також сприяє повітря. Мікробіологічне псування, навпаки, затримується при здрібнюванні крапельок плазми.

Масло, отримане перетворенням високожирних вершків, характеризується більш тонким розподілом вологи і меншим вмістом повітря в порівнянні з маслом, виробленим збиванням вершків. Тому воно має підвищену стійкість у процесі збереження при низьких від'ємних ( $-5^{\circ}\text{C}$ ), а також при плюсових температурах (до  $18^{\circ}\text{C}$ ), при яких можуть відбуватися мікробіологічні процеси. Однак у випадку зберігання продукту при низьких негативних температурах ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), що виключають мікробіологічне псування, масло, вироблене перетворенням високожирних вершків, і більше піддається окисному псуванню, ніж масло, отримане збиванням вершків. Крім того, перше масло містить більше фосфоліпідів, жирних кислот які звичайно окисляються в першу чергу.

#### **4. Формування смаку і запаху вершкового масла.**

Смак і запах різних зразків вершкового масла неоднакові. У першу чергу вони визначаються видом масла. Так, вологодське і солодко-вершкове масло має гарний виражений смак і запах пастеризованих вершків, а кисло-вершкове — специфічний кисломолочний, або кисло-вершковий смак і запах. Виразність смаку і запаху усіх видів масла залежить від складу вершків, обумовленого порою року (масло зимового періоду, як правило, має мало виражені смак і запах), умов теплової обробки, біологічного дозрівання вершків, методу одержання, термінів збереження продукту і т.д.

Смак і запах солодко-вершкового масла. Смак і запах солодко-вершкового масла формуються головним чином під час пастеризації вершків. Компонентами смаку і запаху масла є сульфгідрильні групи (SH-групи), сірководень і інші сірчисті з'єднання,



леткі жирні кислоти (оцтова, масляна, капронова й ін.), лактони (похідні оксикислот молочного жиру), а також альдегіди, ефіри й ін. Їхній вміст залежить від режимів пастеризації, а також від складу вершків, методу вироблення масла і т.д.

Сірчисті з'єднання вважають основними ароматичними компонентами, що додають солодко-вершковому (і особливо вологодському маслу) своєрідний смак і аромат пастеризованих вершків. Вони утворюються під час пастеризації вершків у результаті руйнування амінокислоти цистеїну. Оптимальними режимами для звільнення SH-груп є температури 95—98°C з витримкою протягом 5—10 хв або 105—115°C без витримки. У процесі збереження масла вміст SH-груп знижується і смак пастеризації в продукті слабшає.

Інші компоненти смаку і запаху солодко-вершкового масла — леткі жирні кислоти, лактони й альдегіди утворюються з жиру вершків під час їхньої витримки і пастеризації. Однак виразність смаку і запаху масла спостерігається тільки при визначеному оптимальному вмісті цих з'єднань, особливо летких жирних кислот. Так, нагромадження великих кількостей масляної кислоти може викликати вади смаку і запаху масла.

Смак і запах кисло-вершкового масла. При виробленні кисло-вершкового масла до ароматичних речовин, що утворюються в результаті теплової обробки, додаються з'єднання, що накопичуються в процесі сквашування вершків. При цьому останні з'єднання відіграють ведучу роль у формуванні смаку і запаху кисло-вершкового масла. До них відносяться продукти зброджування молочного цукру і лимонної кислоти вершків ароматоутворюючими молочнокислими бактеріями закваски: діацетил, ацетоїн, оцтовий альдегід, оцтова, пропіонова і молочна кислоти, етиловий спирт, ефіри й ін. Їх вміст залежить від кількості і складу бактеріальних заквасок, температури і ступеня сквашування вершків, методу виробництва масла і т.д.

Головним компонентом смаку і запаху кисло-вершкового масла вважають діацетил. Тому для виробництва масла застосовують спеціально підібрані культури молочнокислих бактерій, що володіють здатністю активно накопичувати поряд з іншими ароматичними речовинами діацетил. Однак у ході сквашування вершків кількість діацетила може знижуватися внаслідок його відновлення в ацетоїн, що не має смаку. Ступінь відновлення діацетила в ацетоїн збільшується при зменшенні окислювально-відновного потенціалу вершків. Його зниження відбувається при наростанні кислотності вершків і нагромадженні SH-груп. Отже, для забезпечення виразності смаку і запаху кисло-вершкового масла необхідно стежити за температурою і ступенем сквашування (величина кислотності плазми наприкінці сквашування повинна бути рівної 35-55°Т) вершків, а також здійснювати пастеризацію вихідних вершків при 85°C. Пастеризація вершків при більш високих температурах сприяє підвищенню кількості SH-груп, що приводить до зниження вмісту діацетила і виразності запаху масла.

Кисло-вершкове масло, вироблене перетворенням високожирних вершків, містить більше ароматичних речовин у порівнянні з маслом, отриманим збиванням вершків, тому що частина їх губиться зі склотинами і промивною водою.

Для поліпшення смаку і запаху кисло-вершкового (і солодко-вершкового) масла, виробленого узимку, і особливо селянського масла застосовують спеціальні ароматизатори розроблені Всесоюзним науково-дослідним інститутом жирів.

## 5. Вади масла хімічного і біохімічного характеру.

Вади консистенції, смаку і запаху масла різної інтенсивності (слабку, середню і сильної) знижують бальну оцінку продукту, а іноді він стає і нестандартним. Причини їхнього виникнення різноманітні: використання вершків і бактеріальних заквасок низької якості, порушення режимів пастеризації, охолодження, дозрівання, механічної обробки вершків, збереження готового масла і т.д. Частина вад має хімічний, частина — біохімічний характер. Також різний і час їх утворення.

Вади консистенції. Вади консистенції масла мають хімічний характер. Вони викликаються недотриманням оптимальної кількості в маслі отверділого жиру, порушенням у ньому співвідношення легко- і високоплавких тригліцеридів, а також значною перевагою в структурі масла коагуляційних або фазових контактів. Усі вади виникають у результаті порушення технологічних режимів виробництва масла: пастеризації, фізичного дозрівання і збивання вершків, обробки масла, термомеханічної обробки високожирних вершків і т.д. Тому їх можна попередити шляхом відповідного регулювання або зміни режимів підготовки й обробки вершків. До них відносяться крихка і м'яка консистенції, борошністість, шарувата, пухка, засалена консистенція й ін. Дві останні вади мають технологічне походження і тут не розглядаються.

Крихка консистенція. Вада виникає при надлишковому затвердінні жиру, високому вмісті в маслі високоплавких тригліцеридів (тому часто буває узимку), перевазі в структурі масла фазових контактів і т.д.

М'яка консистенція. Поява вади обумовлена недостатнім затвердінням жиру, надлишком легкоплавких тригліцеридів і перевагою в структурі масла коагуляційних контактів. Масло м'якої консистенції має низьку термостійкість.

Борошністість. Ця вада консистенції і смаку з'являється в маслі, отриманому перетворенням високожирних вершків, характеризується наявністю великих кристалічних утворень (розміром 30 мкм і більше), що утворюються при повільній кристалізації легкоплавких тригліцеридів. Виникненню вади сприяє підвищений вміст у вершках вільного жиру. Причинами його можуть бути використання вершків підвищеної кислотності, висока температура пастеризації (витоплювання жиру), а також порушення режимів маслоутворення (підвищена температура масла при виході з маслоутворювача й ін.).

Шарувата консистенція. Вада також виникає тільки в маслі, отриманому перетворенням високожирних вершків, часто супроводжується крихкістю і низькою термостійкістю. Викликається нерівномірним розподілом рідкого й отверділого жиру під час термомеханічної обробки.

Вади смаку і запаху. Вади смаку і запаху вершкового масла можуть бути як біохімічного характеру, тобто викликатися реакціями за участю ферментів, так і чисто хімічного характеру, причому останні зустрічаються частіше. Одні з них виникають у свіжо-виготовленому маслі, інші з'являються або підсилюються в процесі збереження продукту. Утворенню вад сприяють ферменти, кисень повітря, метали, світло, підвищені вологість і температура збереження і т.д. До вад смаку і запаху відносяться

прогірклий смак і запах, окислений, салистий смак, штаф, кислий смак, недостатньо виражені смак і запах.

Прогірклий смак і запах. Ця найбільш розповсюджена вада має біохімічний характер — викликається гідролітичним, або ліполітичним псуванням, тобто гідролізом тригліцеридів молочного жиру під дією ліпаз. Неприємний прогірклий, затхлий смак і запах зіпсованого жиру в продуктах обумовлюють низькомолекулярні жирні кислоти, що звільнилися: масляна, капронова, каприлова, капринова і лауринова. При прогірканні масла в першу чергу зростає концентрація масляної кислоти.

Низькомолекулярні жирні кислоти накопичуються в молоці і вершках при ліполізі під час тривалого зберігання, а також утворюються в процесі вироблення і збереження масла під дією термостійких ліпаз молока або ліполітичних ферментів, які утворюються бактеріями і пліснями.

Гідроліз тригліцеридів жиру супроводжується звільненням поряд з низькомолекулярними жирними кислотами і високомолекулярними кислотами. При цьому збільшується кислотність молочного жиру (кислотність жиру свіжого солодко-вершкового масла складає 0,6—3°K, а несвіжого — вище 3°K). Високомолекулярні жирні кислоти (олеїнова, лінолева, пальмітинова, стеаринова й ін.) не мають смаку, але при подальшому окислюванні вони переходять в альдегіди і кетони, деякі з яких мають прогірклий смак.

Заходи попередження прогіркнення вершкового масла є наступні: скорочення термінів збереження молока і вершків до їхньої переробки на масло, дотримання температурних режимів, що рекомендуються, пастеризації вершків, зниження тривалості їхнього фізичного дозрівання, тонкий і рівномірний розподіл в маслі плазми, що затримує розвиток психротрофних бактерій і плісень.

Окислений смак. Вада «окислений смак» поєднує кілька вад: прогірклий, металевий, олійстий і рибний смак, що на відміну від попередньої вади мають не біохімічний, а хімічний характер, тому що викликаються окисним псуванням жиру під дією кисню повітря.

У процесі збереження масла ненасичені жирні кислоти (арахідонова, лінолева, ліноленова й олеїнова), що входять до складу фосфоліпідів і тригліцеридів молочного жиру, піддаються окислюванню киснем повітря. Окислювання жирних кислот носить ланцюговий характер. Спочатку порівняно повільно утворюються гідроперекиси і перекиси жирних кислот, що не впливають негативно на смак і запах масла, але мають токсичність. Потім уже досить швидко вони перетворюються в різноманітні альдегіди, кетони, кислоти й інші вторинні продукти, що мають неприємний смак і запах — прогірклий, металевий і т.д.

Вміст перекисів у жирі визначають йодо-метричним методом, а знайдені перекисні числа виражають у відсотках йоду. Свіжий молочний жир має перекисне число 0,01—0,08% J<sub>2</sub>, несвіжий — 0,1% J<sub>2</sub> і вище. Однак по величині перекисного числа можна судити тільки про початкову стадію окислювання жиру. Для визначення ступеня нагромадження вторинних продуктів окислювання жиру використовують фотоколориметричний метод.

Стійкість вершкового масла до окисного псування залежить від багатьох факторів. До основних факторів відносяться хімічний склад молочного жиру, структура масла, вміст в маслі металів, склад плазми, температура збереження продукту і т.д.

Хімічний (жиро-кислотний) склад молочного жиру — вміст у ньому поліненасичених жирних кислот, які у першу чергу підлягають окислюванню киснем повітря, — значно впливає на стійкість масла. Їхній вміст залежить від пори року і кормового раціону тварин. Воно підвищується навесні, тому масло, вироблене з весняного молока, характеризується найменшою стійкістю при тривалому збереженні.

Метали (мідь і залізо) знижують стійкість масла, тому що є сильними каталізаторами окисних реакцій. Так, окисне псування вершкового масла виникає при вмісті міді в кількості 1,5—2 мг/кг. Окисна дія металів підсилюють такі компоненти плазми, як кухонна сіль, молочна кислота і діацетил. Наприклад, кисло-вершкове масло, отримане з вершків з високим ступенем сквашування (кислотність плазми масла 50—70°Т і вище), як правило, здобуває окислений смак (олійний і ін.). Разом з тим плазма вершкового масла містить з'єднання, що затримують окислювання жиру, що називають антиокислювачами. До них відносяться токоферолі (вітамін Е),  $\beta$ -каротин і SH-групи. Усі ці з'єднання утримуються в сухому знежиреному молочному залишку масла (СЗМЗ). Масова частка СЗМЗ залежить від виду масла, методу виробництва і пори року. Масло літнього вироблення містить більше СЗМЗ і, отже, більше антиокислювачів, ніж масло зимове, і тому більш стійке при збереженні.

Таким чином, вада «окислений смак» виникає і підсилюється в маслі по різних причинах, але зводиться до окислювання ненасичених жирних кислот і нагромадженню різноманітних альдегідів і кетонів. Частина з них уже встановлена (це валеріановий, енантовий, капроновий і каприловий альдегіди, вініламілкетон і т.д.), інші ще невідомі. Визначені їхні концентрації (і комбінації) додають маслу прогірклий, металевий (в'язкий), олійний (смак рослинної олії) і рибний смак. Вади смаку можуть виникати одночасно або переходять один в іншій.

Для попередження окисного псування масла необхідно уникати потрапляння у вершки й масло (особливо солоне) міді і заліза, дотримувати норми внесення в масло кухонної солі, контролювати кислотність плазми масла (кислотність плазми солодко-вершкового масла повинна бути не вище 19°Т, кисло-вершкового — не вище 35—50°Т), вносити  $\beta$ -каротин і т.д.

Салистий смак. Ця вада виникає при окислюванні ненасичених жирних кислот під дією світла, тобто має, як і окислений смак, хімічне походження. Його прискорюють підвищені температури, наявність міді, заліза і великої кількості в маслі повітря. Осалювання масла характеризується появою смаку сала і запаху стеаринової свічі. При цьому жир знебарвлюється внаслідок окислювання каротину і стає більш твердим. Вада починає розвиватися з поверхні і поступово проникає в товщу масла. В осаленому маслі накопичуються альдегіди й окисикислоти. Так, в маслі з вадою «салистий смак» виявлена діоксистеаринова кислота, що може утворитися з олеїнової кислоти.

Щоб уникнути появи вад масло варто захищати від впливу світла, зберігати при низьких температурах в упакованні зі світлонепроникного матеріалу і т.д.

Штаф (крайка). Вада уражає поверхневий шар масла. Викликається окисними процесами, що супроводжуються полімеризацією тригліцеридів, що містять ненасичені жирні кислоти. У результаті поверхневий шар масла стає темно-жовтим і здобуває неприємний смак і запах. Він має, як правило, високу кислотність і велике перекисне число. Вада може мати і мікробіологічне походження.

Для попередження вади необхідно зберігати масло при низьких температурах і упаковувати у повітре-- і вологонепроникний матеріал. Гарні результати отримані при заміні пергаменту фольгою.

Кислий смак. Ця вада може з'явитися в солодко-вершковому маслі. Причиною його утворення є нагромадження молочної кислоти при розвитку у вершках молочнокислих бактерій, що залишилися після пастеризації. Таке масло має високу (вище 22°Т) кислотність плазми. Міри попередження вади — дотримання температурних режимів пастеризації, фізичного дозрівання вершків і збереження готового продукту. У кисло-вершковому маслі виникає вада «надмірно-кислий смак». Він з'являється в результаті високого ступеня сквашування вершків (при кислотності плазми масла вище 55°Т).

Недостатньо виражені смак і запах. Вада часто спостерігається у весняно-зимовий період року, викликається малою кількістю у вершках ароматичних речовин: сірчистих з'єднань, летких жирних кислот, діацетила й ін. Виникає в солодко-вершковому і вологодському маслі при недостатньому нагромадженні під час пастеризації вершків SH-груп. Причинами вади в кисло-вершковому маслі служить внесення у вершки малої дози бактеріальної закваски, низька її здатність накопичувати ароматичні речовини, відновлення діацетила, що утворився, в ацетоїн при недотриманні умов виробництва, збереження закваски, сквашування вершків і т.д.

## **6. Фізико-хімічні основи виробництва згущених молочних продуктів.**

Консервування молока при виробництві згущених молочних продуктів засновано на принципі придушення мікробіологічних процесів (принцип анабіозу) і на принципі повного припинення розвитку мікроорганізмів (принцип абіозу). Правда, у обох випадках можуть йти хімічні процеси (окислювання жиру, потемніння продуктів і ін. ), але їх можна обмежити шляхом внесення антиоксидантів, зниження температури збереження і т.д.

Консервування за принципом анабіозу застосовують при виробництві згущених молочних консервів з цукром. Для придушення мікробіологічних процесів здійснюють часткове видалення з молока або вершків води і додавання сахарози, що підвищує осмотичний тиск продукту до величин, при яких не можуть розвиватися бактерії. Так, осмотичний тиск згущеного молока з цукром досягає приблизно 18 МПа, а в протоплазмі бактерій воно складає всього 0,3—0,8 МПа. Унаслідок такої великої різниці в тиску настає плазмоліз бактеріальних кліток — втрата клітиною води з живильними речовинами.

Принцип абіозу використовують при виробництві згущених стерилізованих молочних консервів, у яких після здійснення стерилізації не залишається життєздатних бактеріальних кліток, а також суперечка.

Якість, у першу чергу консистенція, згущених молочних продуктів визначається складом і властивостями молока, режимами пастеризації, фізико-хімічними змінами компонентів молока при згущенні і стерилізації, а також режимами охолодження згущеного молока з цукром. У процесі збереження консистенція й інші органолептичні показники продуктів можуть мінятися.

**Вимоги до складу, властивостям молока і режимам пастеризації.** Молоко, яке використовують для виробництва згущених молочних консервів, повинно мати визначений хімічний склад і властивості, що забезпечують терmostійкість молока при

згущенні і стерилізації, а також оптимальну в'язкість готового продукту. Ці властивості залежать від білково-сольового складу і кислотності молока.

Для вироблення молочних консервів найбільш придатне молоко з дрібними міцелами казеїну і низьким вмістом сироваточних білків. Чим дрібніші частки казеїну, тим більш термостійке молоко, і навпаки. Це пояснюється тим, що дрібні частки казеїну мають меншу схильність до агрегації й осадження. Молоко з дрібними міцелами казеїну також обумовлюють одержання згущеного молока більш низької в'язкості в порівнянні з молоком, що має великі частки казеїну. Розмір міцел казеїну молока в основному залежить від породи тварин і пори року.

Низьку термостійкість має молоко, що містить підвищену кількість сироваточних білків, особливо таких, як імуноглобуліни й альбумін сироватки крові. Як відомо, вміст цих білків збільшується в молозиві і молоці, отриманому від корів, хворих маститом. Тому домішки аномального молока в сировину, що йде на вироблення молочних консервів, неприпустима.

Сольовий склад, точніше — сольова рівновага в молоці, або співвідношення катіонів кальцію й аніонів фосфорної і лимонної кислот, значно впливає на термостійкість казеїну і молока в цілому. Казеїн не коагулює під впливом високих температур при визначеному оптимальному (не більш 125 мг на 100 г) вмісті в молоці солей кальцію. У випадку надлишку в молоці солей (іонів) кальцію знижується негативний заряд часток казеїну, тому вони швидше агрегують і осаджуються при нагріванні. При надлишку аніонів у молоці зменшується кількість іонів кальцію, що може викликати зміну структури часток казеїну і зниження їхньої стійкості. На практиці частіше бувають випадки надлишкового вмісту в молоці кальцію, тому приходится його знижувати, застосовуючи солі-стабілізатори.

Кислотність молока є не менш важливим фактором, що впливає на термостійкість молока і в'язкість готового продукту. З підвищенням кислотності знижується термостійкість молока і збільшується в'язкість згущеного молока. Підвищення кислотності внаслідок утворення молочної кислоти викликає зменшення заряду білкових часток і порушення сольової рівноваги в молоці в результаті збільшення кількості іонів кальцію. Усе це приводить до агрегації казеїнових міцел, що негативно впливає на термостійкість молока і в'язкість (консистенцію) готового продукту. Так, збільшення кислотності молока з 17—18 до 20°Т викликає підвищення в'язкості згущеного молока з цукром з 3 до 3, 5—3, 6 Па · с, а при кислотності 21—22°Т вона стає рівної 4 Па · с і вище. Пастеризація сировини при виробленні згущених молочних консервів повинна забезпечити не тільки повне знищення бактерій і руйнування (інактивування) ферментів, особливо ліпази, але й одержання згущеного молока необхідної в'язкості, а також підвищення його термостійкості при подальшій стерилізації.

Режим пастеризації молока впливає на в'язкість згущеного молока з цукром і стійкість до загустіння при збереженні. Температура пастеризації 85—100°С сприяє одержанню продукту підвищеної в'язкості, схильного до загустіння, а температура вище 100°С (105—120°С) — виробленню продукту рідкої консистенції. Тому режим пастеризації варто вибирати з урахуванням сезонних змін складу і властивостей молока: змісту в молоці сухих речовин, у тому числі казеїну, кислотності молока і т.д.

Наприклад, для весняно-літнього періоду року більш доцільна температура пастеризації 105—106°C, а для зимового — 95—96°C.

Попередня пастеризація молока при виробленні згущеного стерилізованого молока є одним зі шляхів підвищення його термостійкості в процесі стерилізації. Нагрівання молока до високих температур (95°C і вище) сприяє поліпшенню сольової рівноваги в молоці унаслідок випадання частини фосфату кальцію, а також осадженню хитливих сироваткових білків. Крім того, відбуваються структурні зміни казеїну, у результаті яких підвищується його термостійкість.

**Зміна компонентів молока при згущенні і стерилізації.** Тривалий вплив високих температур при згущенні і стерилізації викликає фізико-хімічні зміни жиру, білків, молочного цукру, солей, вітамінів і інших компонентів молока. При цьому міняються ступінь дисперсності і стійкість жирової фази, структура білків, вміст молочного цукру і вітамінів. Також відбуваються розпад жиру, лактози, взаємодія білків (і амінокислот) з молочним цукром і інші реакції. У результаті продукт здобуває певний смак, запах, колір і консистенцію. Однак порушення режимів згущення і стерилізації може викликати вади продукту, знизити його стійкість при збереженні, а також харчову цінність.

**Зміна жиру і білків.** Під час згущення відбувається подрібнення жирових кульок зі збільшенням кількості дрібних (менш 2 мкм) кульок. Поряд з цим спостерігаються укрупнення жирових кульок і часткова дестабілізація жирової емульсії з виділенням вільного жиру. Ці процеси продовжуються при стерилізації згущеного молока. Дестабілізація жирової фази може привести до відстою шару жиру і вадам смаку згущеного стерилізованого молока і згущеного молока з цукром. Для запобігання виділення вільного жиру згущене молоко перед стерилізацією гомогенізують, а в згущеному молоці з цукром підвищують в'язкість.

При згущенні і стерилізації також відбувається частковий гідроліз тригліцеридів молочного жиру. При цьому виділяються леткі жирні кислоти, утворюються лактони, альдегіди і кетони. Усі ці з'єднання поряд із продуктами розпаду молочного цукру беруть участь у формуванні характерного, властивого пастеризованому молоку смаку і запаху молочних консервів.

У процесі згущень міняється структура казеїнових часток, вони агрегатують і з'єднуються з денатурованими сироваточними білками. У результаті відбувається їх укрупнення. Укрупненню казеїнових часток сприяє збільшення в процесі згущення концентрації солей кальцію. Подальша стійкість білкових часток при високих температурах стерилізації залежить від режиму і ступеня згущення молока. Для запобігання згортання білків при стерилізації в молоко перед згущенням приходиться вносити солі-стабілізатори — фосфати і цитрати калію і натрію. Підвищення термостійкості білків при внесенні солей відбувається внаслідок зв'язування, тобто зниження в молоці кількості іонів кальцію. Зміна молочного цукру, солей і вітамінів. При згущенні в молоці підвищується концентрація молочного цукру, і при наступному охолодженні продукту частина його випадає у виді кристалів. Від правильності проведення процесу кристалізації молочного цукру багато в чому залежить консистенція готового продукту. У процесах згущення і стерилізації молочний цукор взаємодіє з білками й амінокислотами (лізином і ін.). Отже, продовжується реакція Майара, що почалася при пастеризації молока. Крім того, під час стерилізації частина

лактози розкладається з утворенням мурашиної, оцтової, молочної й іншої кислот і вуглекислого газу. У результаті цих реакцій трохи знижується біологічна цінність продукту і міняються його смак, запах і колір. Інтенсивність змін властивостей продукту залежить від температури і тривалості згущення і стерилізації.

Під час згущення концентруються мінеральні речовини і змінюється співвідношення між катіонами й аніонами. При цьому частина фосфатів кальцію переходить у нерозчинний стан.

При згущенні і стерилізації знижується вміст вітамінів. Особливо значно зменшується кількість деяких водорозчинних вітамінів (аскорбінової кислоти, вітамінів B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> і ін. ), а також вітаміну А и каротину.

**Фізико-хімічні показники згущених молочних продуктів.** Основним фізико-хімічним показником згущених молочних продуктів, що визначають їхню якість (консистенцію), є в'язкість. Для згущеного молока з цукром не менш важливим показником якості служить розмір кристалів молочного цукру. В'язкість згущених продуктів обумовлюється складом і властивостями молока, режимами пастеризації і фізико-хімічних змін компонентів молока в процесах згущення і стерилізації. Відповідно до вимог ДСТ 2903—78 в'язкість свіжого (до 2 мес збереження) згущеного молока з цукром повинна бути 3—10 Па · с. У процесі збереження, особливо при високих температурах, в'язкість продукту підвищується. По стандарту збільшення в'язкості продукту при збереженні протягом 2—12 мес допускається до величини 15 Па · с. При більш значному підвищенні в'язкості згущене молоко з цукром здобуває ваду «загустіння».

Розмір кристалів молочного цукру визначається інтенсивністю процесу кристалізації під час охолодження згущеного молока з цукром.

При температурі 50—60°C молочний цукор утримується в згущеному молоці в розчиненому стані — у виді двох форм ( $\alpha$  і  $\beta$ ), що знаходяться в рівновазі. При охолодженні продукту починає кристалізуватися  $\alpha$ -форма лактози як менш розчинна. Так, якщо розчинність молочного цукру при 20°C складає 19, 2 г на 100 г води, то на  $\beta$ -форму приходить 11, 8 г, а на  $\alpha$ -форму — лише 7, 4 г (при 30°C з 24, 8 г лактози на  $\beta$ - і  $\alpha$ -форми відповідно приходить 15, 1 і 9, 7 г). Випадання  $\alpha$ -форми молочного цукру викликає порушення рівноваги між двома формами і тоді частина  $\beta$ -форми переходить у  $\alpha$ -форму. Далі знову кристалізується  $\alpha$ -форма і відбувається перехід  $\beta$ -форми в  $\alpha$ -форму і т.д. Цей процес йде доти, поки не випаде в осад весь надлишок молочного цукру (лактози).

Розмір кристалів молочного цукру залежить від ступеня згущення молока, швидкості охолодження після згущення, кількості внесеного запалу, тривалості й інтенсивності перемішування продукту при охолодженні. Для забезпечення гарної консистенції продукту необхідно прагнути до повної кристалізації лактози під час охолодження і випаданню дрібних (розміром не більш 15 мкм) кристалів.

Недостатньо повна кристалізація лактози в процесі повільного охолодження продукту приводить до її кристалізації під час збереження. При цьому утворюються великі кристали молочного цукру (розміром 20—25 мкм), що викликають борошністу і піщанисту консистенцію згущеного молока з цукром.

Крім того, повільне охолодження сприяє загустінню і побурінню продукту при збереженні.



## 7. Фізико-хімічні основи виробництва сухих молочних продуктів.

Виробництво сухих молочних продуктів засновано на принципі придушення мікробіологічних процесів шляхом видалення з молока максимальної кількості вологи.

Якість сухих молочних продуктів (розчинність, змочуваність і т.д. ), як і якість згущених продуктів, визначається складом і властивостями молока, режимами пастеризації і згущення, а також фізико-хімічними змінами компонентів молока під час сушіння. У процесі збереження розчинність, змочуваність, а також колір, смак і запах сухих молочних продуктів можуть мінятися. Стійкість продуктів при збереженні залежить від вмісту вологи, вільного жиру й умов збереження: виду упакування, температури і вологості навколишнього повітря і т.д.

**Зміна компонентів молока в процесі сушіння.** У процесі сушіння міняються властивості і структура основних компонентів молока (жиру, білків, солей, молочного цукру). Характер і ступінь цих змін залежать від температури і тривалості теплового впливу на молоко під час сушіння, а також визначаються режимами попередніх технологічних операцій (пастеризації, згущення і гомогенізації).

**Зміна жиру.** Під час розпилення і сушіння згущеного молока відбувається, як правило, подрібнення жирових кульок. Однак дисперсність жиру залежить від тривалості попереднього згущення молока: при збільшенні тривалості згущення дисперсність зменшується. Впливає на розмір жирових кульок і температура повітря, яке подається в сушильну камеру (вежу): при 160—170°C він зменшується, а при більш високій температурі збільшується.

Поряд зі змінами розміру жирових кульок у процесі сушіння спостерігається збільшення кількості вільного (дестабілізованого) жиру. Особливо вона підвищується при наявності в згущеному молоці великої кількості великих (діаметром більш 8 мкм) жирових кульок, що утворюються при його тривалому збереженні перед сушінням. Збільшенню вмісту вільного жиру також сприяють порушення режимів розпилення згущеного молока (надмірне підвищення тиску розпилення, зменшення перетину форсунок і т.д.) і підвищена (більш 180°C) температура сушіння.

Вільний жир негативно впливає на якість сухих молочних продуктів: погіршується змочуваність сухого порошку, знижується швидкість його розчинення і т.д. При збереженні сухе молоко й інші сухі молочні продукти здобувають салистий смак і злежується (у ньому утворюються грудки). Відновлені продукти, приготовлені з такого порошку, мають на поверхні жирові краплі.

З метою зменшення кількості вільного жиру, тобто підвищення якості сухих молочних продуктів, особливо сухих дитячих молочних продуктів («Крихітка», «Маля» і ін. ), рекомендується перед сушінням проводити гомогенізацію згущеного молока.

**Зміна білків і солей.** При сушінні відбуваються денатурація сироваточних білків і випадання фосфату кальцію. У результаті трохи знижується розчинність сухих молочних продуктів. Особливо значні фізико-хімічні зміни білків і солей молока спостерігаються при плівковому способі сушіння. Тому для зниження теплового впливу на компоненти молока при даному способі виробництва сухих продуктів застосовують більш низьку температуру пастеризації вихідної сировини. При розпилювальному сушінню на розчинність продукту негативно впливають висока

температура гарячого повітря на вході в сушильну вежу і тривалий її вплив у процесі сушіння і після неї (упакування сухого продукту без охолодження).

Максимальному збереженню розчинності білків сприяє метод *сублімаційного сушіння*. Метод включає заморожування продукту (температура  $-15 \div -18^{\circ}\text{C}$ ), сублімацію льоду (перехід молекул води зі стану льоду в пару, минаючи стадію рідини) і досушування продукту при порівняно низьких температурах ( $50\text{—}60^{\circ}\text{C}$ ). При сублімаційному сушінні структура продукту змінюється незначно, воно зберігає первісні властивості своїх компонентів і добре відновлюється. Методом сублімації сушать кисломолочні продукти: кисляк, йогурт, сир і ін.

Під час сушіння продовжується реакція взаємодії білків з лактозою. Однак швидкість її невелика, вона збільшується лише при зволоженні і підвищенні температури збереження продукту після сушіння. При цьому утвориться велика кількість меланоїдинів, що знижують розчинність продукту і викликають вади кольору і смаку.

**Зміна молочного цукру і вітамінів.** У процесі сушіння основна маса молочного цукру переходить в аморфний стан і тільки невелика частина його встигає закристалізуватися. Аморфний стан лактози обумовлює високу гігроскопічність сухих молочних продуктів. Тому збереження продукту в негерметичній тарі, при високій відносній вологості повітря (вище 75%) приводить до зволоження сухого порошку й активної кристалізації молочного цукру. Кристалізація лактози під час збереження змінює структуру часток сухих молочних продуктів. У результаті знижується якість продукту — він гірше змочується і повільніше розчиняється при відновленні.

Під час сушіння спостерігається руйнування частини вітамінів. Особливо різко знижується кількість аскорбінової кислоти і вітамінів  $\text{B}_1$ ,  $\text{B}_6$  і  $\text{B}_{12}$ .

### **Фізико-хімічні показники сухих молочних продуктів.**

Основними фізико-хімічними показниками якості сухих молочних продуктів, від яких залежать їхня здатність до відновлення і стійкість при збереженні, є розчинність і змочуваність. Вони, у свою чергу, визначаються способами сушіння, а також в'язкістю згущеного молока, поданого на сушіння, рівномірністю його розпилення, температурою сушіння й інших технологічних факторів.

Розчинність (повнота розчинення) сухих молочних продуктів, отриманих способом розпилювального сушіння, вище розчинності продуктів плівкового сушіння. Так, сухе незбиране молоко, вироблене першим способом, має індекс розчинності (кількість мілілітрів сухого осаду, що не розчинився, відокремлюваного центрифугуванням після розчинення в градуйованій пробірці визначеної кількості сухого продукту) 0, 2—0, 8 у залежності від сорту і виду упакування, а другим способом — 2—2, 5.

Різна розчинність сухих продуктів, вироблених двома способами, пояснюється в першу чергу неоднаковою інтенсивністю теплового впливу на білки і солі молока під час сушіння, а також різницею у формі і розмірах їх часток. Так, сухе незбиране молоко, отримане плівковим способом, складається з кутастих великих часток розміром  $250\text{—}470$  мкм, а молоко розпилювального сушіння — із круглих часток діаметром  $10\text{—}200$  мкм. Невелика частина часток порошку сухого молока розпилювального сушіння об'єднана в скупчення, або агломерати. З'ясовано, що гірше розчиняються частки неправильної форми, а також дрібні (розміром  $50$  мкм і менше) і дуже великі ( $150\text{—}200$  мкм) круглі частки. Погано розчиняються й агломерати

розміром менше 0,25 мм і більше 1 мм. Тому при виробленні швидкорозчинного сухого молока формують агрегати розміром від 0,25 до 1 мм.

Змочуваність і швидкість розчинення сухих молочних продуктів обумовлюються крім форми і розміру часток змістом на їхній поверхні вільного жиру. Велика кількість вільного жиру погіршує змочуваність продукту і знижує швидкість його розчинення. Також воно знижує стійкість продукту до окислювання в процесі тривалого збереження.

Вміст вільного жиру в сухих молочних продуктах коливається у великих межах. Воно залежить від кількості вільного жиру в сировині, режимів пастеризації, згущення, гомогенізації, сушіння молока, охолодження й обробки сухого порошку і т.д.

Збільшенню кількості вільного жиру в сухих молочних продуктах (сухе молоко) сприяє підвищений зміст води — більш 7%. Вода прискорює кристалізацію молочного цукру, що супроводжується утворенням тріщин у частках сухого молока і виходом вільного жиру на їхню поверхню. У результаті не тільки погіршується змочуваність сухого молока, але і з'являються вади смаку і запаху. Підвищена вологість також приводить до зниження розчинності і вадам кольору сухих молочних продуктів унаслідок денатурації сироваткових білків і утворення меланоїдинів.

## **8. Вади згущених і сухих молочних продуктів фізико-хімічного і біохімічного характеру**

Вади консистенції, кольору, смаку і запаху згущених і сухих молочних продуктів виникають головним чином у процесі збереження. У результаті фізико-хімічних і біохімічних змін білків, вуглеводів, жиру й інших компонентів молока продукти здобувають нехарактерну для них консистенцію, сторонні смак і запах, темніють, змінюють колір і т.д. При цьому знижується не тільки якість продуктів, але і їхня біологічна цінність.

Утворенню вад сприяють низька якість сировини, порушення технологічних режимів вироблення продукту, високі температура і вологість повітря при збереженні, негерметична упаковка, світло і т.д. Вади консистенції властиві згущеним молочним продуктам, вади смаку і запаху більш характерні для сухих продуктів, вади кольору — і тим і іншим.

**Вади консистенції і кольору.** Вади консистенції і кольору викликаються фізико-хімічними змінами білків і молочного цукру під час збереження продуктів. Це — загустіння, грудкувата і пластівчаста, борошниста і піщаниста консистенція, потемніння і зміна кольору молочних консервів.

*Загустіння.* Ця вада характерна для згущеного молока з цукром, рідше спостерігається в згущеному стерилізованому молоці. Вада виникає в процесі збереження продукту — спочатку різко підвищується його в'язкість, потім він здобуває пастоподібну консистенцію, тобто втрачає текучість. Він викликається зниженням стабільності й агрегуванням казеїнових часток з утворенням структури гелю. Причинами підвищення в'язкості і наступного загустіння продукту можуть бути використання молока з високими масовими частками СЗМЗ і кислотністю, порушенням сольовим складом (підвищеним вмістом кальцію), порушення температурних режимів пастеризації, згущення молока і збереження готового продукту і т.д. Як правило, загусає згущене молоко з цукром, вироблене навесні і на початку літа. Вади можна

уникнути, якщо застосовувати високу температуру пастеризації (108—120°C) і солі-стабілізатори, що знижують у молоці кількість іонів кальцію. В той же час варто ретельніше контролювати якість сирого молока і дотримувати режими пастеризації, що рекомендуються, згущення молока і збереження продукту.

*Грудкувата і пластівчаста консистенція.* Вада характеризується наявністю в згущеному молоці з цукром дрібних грудочок і пластівців, що утворюються при частковій коагуляції казеїну. Виникає в продукті, виробленому з молока підвищеної кислотності. Щоб уникнути появи цієї вади, необхідно ретельно сортувати молоко.

*Борошниста і піщаниста консистенція.* Поява вади викликається порушенням процесу кристалізації молочного цукру. При повільному нерегульованому охолодженні згущеного молока, особливо продукту високої в'язкості, молочний цукор випадає, утворюючи невелику кількість кристалів. У процесі збереження кристали збільшуються (до 16—20 або 25 мкм і вище) і продукт здобуває виражену борошністість або піскуватість. Заходом попередження вади є строге дотримання режимів охолодження згущеного молока з цукром.

*Потемніння і зміна кольору молочних консервів.* Вада виникає в сухому і згущеному молочному продуктах головним чином при порушенні режимів збереження. Так, потемнінню сухих молочних продуктів сприяє збереження в негерметичній тарі й в умовах підвищеної вологості. Зміна кольору згущених молочних продуктів відбувається під час тривалого збереження при високих температурах (30°C и вище). Крім того, зміні кольору згущеного молока з цукром сприяє повільне охолодження продукту після згущення, а згущений стерилізований — тривалий вплив високих температур при стерилізації.

Ваду у молочних консервах викликають меланоїдіни — продукти реакції між аміногрупами білків і альдегідною групою цукрів. Утворення меланоїдинів у сухих молочних продуктах (сухе молоко й ін. ) супроводжується поряд з потемнінням продукту появою неприємного специфічного запаху (нагадуючого запах зіпсованого клею) і зниженням розчинності. Для попередження вади необхідно дотримувати герметичність упакування і не допускати підвищення вологості продукту.

У згущеному молоці з цукром утворення меланоїдинів приводить не тільки до зміни кольору продукту (кремового в темно-бурий), але і до появи сильного присмаку карамелі, а також підвищенню кислотності і в'язкості продукту. Активному меланоїдоутворенню в продукті може сприяти інверсний цукор — суміш глюкози і фруктози, що утвориться при інверсії (розпаді) сахарози. Тому з метою запобігання вади необхідно усунути причини, що викликають інверсію сахарози, тобто дотримувати режими готування цукрового сиропу. Для зниження інтенсивності меланоїдоутворення можна вносити в згущене молоко аскорбінову кислоту.

**Вади смаку і запаху.** Вади смаку і запаху сухих і згущених молочних продуктів зв'язані з біохімічними і хімічними змінами молочного жиру, що виникають у результаті його гідролітичного і окисного псування. До них відносяться прогірклий смак, салистий і інші сторонні смак і запах.

*Прогірклий смак.* Вада з'являється в сухих молочних продуктах розпилювального сушіння, згущеному стерилізованому молоці і згущеному молоці з цукром низької в'язкості. Він обумовлений головним чином гідролізом тригліцеридів молочного жиру під дією термостійких ліпаз, що зберегли свою активність у процесі пастеризації

молока. У згущеному молоці ліпаза гідролізує тригліцериди переважно у відстояному шарі жиру. Прогірклий смак може виникати в продуктах також при окисному псуванні.

Для попередження виникнення вади в сухих молочних продуктах необхідно вихідне молоко або молочні суміші перед згущенням і розпилювальним сушінням пастеризувати при температурі вище 85°C. Мірою запобігання вади в згущеному стерилізованому молоці є гомогенізація згущеного молока перед стерилізацією, а в згущеному молоці з цукром — вироблення продукту в'язкістю не нижче 3 Па·с (більш низька в'язкість сприяє відстою жиру).

*Салистий і інші сторонні смак і запах.* Виражені салистий і інші сторонні (рибний, металевий і ін.) смак і запах найчастіше виникають при збереженні сухих молочних продуктів, що містять велику кількість вільного жиру. Вони викликаються окисним псуванням дестабілізованого жиру — окислюванням ненасичених жирних кислот тригліцеридів під дією кисню повітря. Процес окислювання жирних кислот прискорюють світло, солі міді, заліза, підвищені температура збереження і вологість повітря.

Для запобігання сухих молочних продуктів від окисного псування необхідно усунути причини, що сприяють підвищенню в продуктах кількості вільного жиру, широко застосовувати гомогенізацію сировини, зберігати продукти при температурі не вище 10°C и відносної вологості повітря не більш 75%. Підвищити стійкість сухих молочних продуктів при збереженні можна шляхом внесення антиоксидантів жиру.

## ЛЕКЦІЯ 5

### Біохімія мяса та субпродуктів

#### План

1. Основні компоненти мяса, їх морфологічний склад
2. Хімічний склад і метаболізм у м'язовій тканині
3. Біохімія субпродуктів

#### Література

1. Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. Біохімія м'яса та м'ясопродуктів: Навч. Посібник. Біла Церква, 2014. 192 с.
2. Власенко В.В., Славов В.П., Шубенко О.І. Біохімія м'яса: Навчальний посібник. Житомир. 2013.
3. Коваль Т.В., Овчарук О.В. Біохімія тварин : навчальний посібник Кам'янець-Подільський : Видавець ПП Зволейко Д.Г., 2016. 440 с.
4. Янчева М. О., Пешук Л. В., Дроменко О. Б. Фізико-хімічні та біотехнологічні основи технології м'яса і м'ясопродуктів : навч. посібник. Харків : ХДУХТ, 2017. 113 с.

#### 1. Основні компоненти мяса, їх морфологічний склад

М'ясом називають сукупність тканин, що входять до складу туші або частин туші, одержаних після забою свійських та їстівних диких тварин. М'ясо містить повноцінні білки, ліпіди, вуглеводи, мінеральні речовини, екстрактивні сполуки, вітаміни й інші речовини, які представлені в ньому в оптимальному якісному і кількісному

співвідношенні та легко засвоюються організмом у процесі перетравлення у шлунково-кишковому тракті.

М'ясо включає м'язову, сполучну, кісткову і нервову тканини, жир, кровоносні та лімфатичні судини туші.

Хімічний склад м'яса, його харчова цінність і технологічні властивості знаходяться у прямій залежності від співвідношення тканин, які входять до його складу. У свою чергу, на співвідношення тканин у м'ясі впливають вид, порода, стать, вік, вгодованість, характер відгодівлі тварин та ряд інших факторів.

Морфологічною основою м'яса є м'язова тканина. Вона у середньому складає 40 % загальної маси тварин, 50–75 % маси туші (у ВРХ – 57-62%, овець – 50-56%, свиней – 40-42%, коней – 60-65%).

Розрізняють три типи м'язової тканини: поперечносмугасту (скелетні м'язи), серцеву (міокард) і гладеньку (м'язи внутрішніх органів – шлунка, кишок, матки тощо).

**М'язове волокно** -структурна і функціональна одиниця м'язової тканини. М'язові волокна, з'єднуючись між собою, формують м'язові пучки, останні – індивідуальні м'язи. М'язове волокно покрите сполучнотканинною оболонкою – сарколемою, що має каналці, які проникають у нього, утворюючи систему поперечних трубочок, через які у волокно надходять поживні речовини і виділяються продукти метаболізму. Під сарколемою розміщена саркоплазма, в якій знаходяться ядра та органіди волокна (мітохондрії, ендоплазматична сітка, рибосоми, лізосоми, міофібрили тощо). Саркоплазма становить 30-35% маси м'язового волокна і є складною колоїдною системою. Сарколема – 5-10%. Основою м'язів є міофібрили (60-65%) – скоротливі волокна, що складаються з тонких і товстих протофібрил.

**Сполучна тканина** – обов'язкова складова частина м'яса. Від кількості і хімічної будови сполучної тканини залежать якісні показники м'яса, його харчова цінність і органолептичні властивості. Кількість сполучної тканини у тушах різних видів сільськогосподарських тварин і птиці коливається у широких межах – від 9,6 до 14 %. Питома вага сполучної тканини у м'ясі збільшується з віком і досягає максимальних розмірів у старих тварин і птиці. Різні ділянки туші містять неоднакову кількість сполучної тканини. Наприклад, у передній частині туші ВРХ у середньому міститься 13–25 % сполучної тканини від загальної маси м'яса, в задній частині – 9–13 %.

Сполучна тканина в організмі виконує ряд життєво важливих функцій – опорно-механічну, трофічну, захисну та ін. Залежно від морфологічного складу і властивостей міжклітинної речовини розрізняють власне сполучну, кісткову і хрящову тканини. Існують спеціалізовані види сполучної тканини: жирова, пігментна, ретикулярна. Власне сполучна тканина поділяється на неоформлену (наприклад, підшкірна клітковина) й оформлену (наприклад, сухожилля, фасції, зв'язки). Сполучна тканина складається з клітин (гістіоцитів, фіброцитів, тучних, плазматичних, лейкоцитів, ліпоцитів), волокон (колагенових, еластинових, ретикулярних) і певної кількості міжклітинної речовини.

У разі старіння тварин сполучна тканина м'язів ущільнюється, колагенові й еластинові волокна потовщуються, просочуються солями кальцію і м'ясо стає щільним та твердим. У некастрованих самців у м'ясі міститься більше сполучної тканини, ніж у самок і кастрованих тварин. Кількість сполучної тканини зростає у м'ясі за годівлі тварин неповноцінними раціонами, бідними на білки, амінокислоти та інші поживні



речовини. Туші ВРХ вищої вгодованості містять 11,5 % сполучної тканини, середньої – 12,3 і нижчої – 14 %. Різні частини туші містять неоднакову кількість сполучної тканини. Зокрема, нижні частини кінцівок багаті сполучною тканиною, представленою сухожиллями, зв'язками та фасціями.

**Жирова тканина** – різновид сполучної тканини, основа якої представлена жировими клітинами, фібробластами, фіброцитами, гістіоцитами і тучними клітинами, колагеновими, еластичними і ретикулярними волокнами. Основа жирової тканини – жирові клітини.

Жирова тканина відкладається між м'язовими пучками, формуючи “мармуровість” м'яса.

Загальна маса жирової тканини в туші залежить від виду тварини, його віку, вгодованості. Вона схильна до великих коливань: у великої рогатої худоби - 1,5-10,1%; у овець - 0,6-7,5%; у свиней -12,5-40% і більше.

Головна маса жиру у тварин розміщена у підшкірній клітковині.

При відгодівлі тварин жир відкладається навколо внутрішніх органів (нирок, серця, в брижі кишечника). Такий жир називають жир-сирець. Його маса в тушах великої рогатої худоби може складати 0,5 -6,4%, овець - 0,2- 5,4% і свиней 1,9 - 6,8%.

Вміст жиру між м'язовими пучками та окремими м'язами надає м'ясу ніжність.

**Кісткова тканина**-різновид сполучної тканини. Кісткова тканина складається із клітин, компактної та губчастої кісткової тканини і міжклітинної речовини . Міжклітинна речовина, на відміну від інших видів сполучної тканини, має великий вміст мінеральних сполук, що надають кісткам міцності та стійкості.

Загальна маса кісток до маси м'ясної туші залежно від породи тварин і їх вгодованості у великої рогатої худоби складає 22,2 - 29,3%, у овець - 24,8-40,5% і у свиней - 10,0-20,5%. Кістки ділять на трубчасті (кістки кінцівок) і губчасті (плоскі і змішані).

У сухій речовині кісток міститься у середньому 26–52 % органічних речовин і 40–74 % мінеральних.

**Хрящова тканина** – різновидність сполучної тканини, яка виконує опорно-механічні функції. Входить до складу органів дихальної системи, суглобів, міжхребцевих дисків тощо. Хрящова тканина складається із клітин (хондробластів і хондроцитів), розміщених поодиноці або групами, та оточуючого їх проміжного середовища, яке складається з міжклітинної речовини, представленої волокнами (частіше колагеновими, рідше – еластичними) і основної аморфної речовини.

Хрящова тканина містить більше води і менше мінеральних речовин, ніж кісткова. Вона складається з 28–33 % сухої речовини, 17–20 % білкових речовин, 3–5 % жиру, 1,5–2,2 % мінеральних речовин.

**Кров** є внутрішнім середовищем організму, що об'єднує між собою органи і тканини. Складається із рідкої частини – плазми та формених елементів – еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів. Основна частина формених елементів – еритроцити (до 99 %).

Хімічний склад крові залежить від виду, віку, вгодованості, умов утримання тварин та інших факторів. Білки плазми (альбуміни, глобуліни, фібриноген) – повноцінні, легкоперетравні білки. За вмістом білка кров практично не відрізняється від м'яса.

Понад 80 % білкових речовин еритроцитів складає гемоглобін, який за будовою та властивостями близький до міоглобіну.

У гемоглобіні немає ізолейцину, тому він є неповноцінним білком. Гемоглобін розчинний у воді, гідролізується пепсином і трипсином, може знаходитися у трьох формах: нативний гемоглобін (червоний), оксигемоглобін (яскраво червоний) та метгемоглобін (червоно-бурий).

Небілкові речовини крові різні за хімічним складом. Майже 75 % їх кількості становлять ліпіди. У крові міститься велика кількість біологічно активних речовин: ферменти, гормони, вітаміни.

Через декілька хвилин після взяття кров згортається (6–10 хв для ВРХ, 3–5 – для свиней, 4–8 хв для ДРХ, менше 1 хв для птиці). У технології переробки крові процес згортання є небажаним, оскільки це ускладнює її транспортування та переробку. Згортання крові зумовлене перетворенням розчинного білка плазми фібриногену в нерозчинний білок – фібрин.

З крові виготовляють кров'яні ковбаси, зельці, паштети, додають у варені ковбаси, консерви, тощо. Із крові виготовляють гематоген, гематостимулін та інші препарати. Вона використовується для одержання харчового альбуміну, геле- та піноутворювачів.

Співвідношення тканин у м'ясі залежить від виду тварин, віку вгодованості (табл. 1).

### **Морфологічний склад м'яса великої рогатої худоби, %**

Тканина	Характеристика тварин			
	невідгодова на	напіввідгодована	відгодована	жирна
М'язова	60,5	59,7	86,5	52,1
Жирова	3,3	10,2	16,1	23,0
Кісткова	21,9	17,0	15,7	15,1

## **2. Хімічний склад і метаболізм у м'язовій тканині**

Хімічний склад м'язів і харчова цінність м'яса залежать від багатьох факторів і, перш за все, виду, віку, вгодованості та способу утримання сільськогосподарських тварин (табл.1).

### **1. Вміст основних компонентів у м'язовій тканині**

Компонент	Вміст, %
Вода	70–75
Органічні речовини, в т.ч.:	23–28
– білки	18–22
– азотовмісні екстрактивні речовини	1,0–1,7
– безазотисті екстрактивні речовини	0,7–1,4
– ліпіди	2,0–3,0
Неорганічні солі	1,0–1,5



Вихід м'язової тканини у молодих тварин більший, ніж у старих. Це стосується і невідгодованих тварин, а також самців порівняно із самками. У дорослої ВРХ м'язова тканина у м'ясі складає 51–57 %; у телят – 51–61; в овець – 55–56; у свиней – до 44 %.

*Вода* в м'язовій тканині знаходиться в гідратно-зв'язанному і вільному станах. Гідратно-зв'язана вода, яка складає 35-45% її маси, міцно затримується хімічними компонентами клітини і сушінням її відділити неможливо. Інша більша частина води знаходиться у вільному стані і утримується в тканині завдяки осмотичному тиску і адсорбції клітинними елементами. Вільну воду можливо відділити сушінням.

*Білки* - головна частина органічних речовин м'язової тканини і головна її харчова цінність. Про харчову цінність судять за білковим показником. Це співвідношення кількості незамінної амінокислоти триптофану і замінної амінокислоти оксипролін.

Білки міофібрил: міозин, актин, актоміозин, тропоміозин та інші.

Білки міофібрил:

Міозин – складає до 40% маси білків. Це глобулярний білок, що містить до 5 тис. амінокислотних залишків, які належать 20 амінокислотам. Звертається при температурі 45-50° С. Має АТФ-фазну активність і здатність зв'язувати іони кальцію, калію і магнію. Добре перетравлюється.

Актин – становить до 15% білків м'язової тканини, звертається при температурі 50° С. Знаходиться в двох формах фібрилярній і глобулярній.

Актоміозин – (1-5% маси білків) складний комплекс актину (1/3) і міозину (2/3). Має здатність стискатися при певній концентрації іонів кальцію, калію і магнію в присутності АТФ. Цей процес лежить в основі скорочення м'язів. Цей білок не розчинний у воді.

Трипоміозин – (2-5% маси білків). За амінокислотним складом наближається до міозину. Різниця полягає у відсутності амінокислоти триптофану.

*Білки саркоплазми*

Міоген – складає до 10 % маси білків м'язового волокна. Розчинний у воді, денатурує при температурі 55-65° С. Виконує ферментативні функції.

Глобулін – (20% білків м'язової тканини). Деякі фракції мають ферментативну активність

Міоглобін - за класом відноситься до альбумінів і складає 1% від загальної кількості білків; містить пігментну групу "гем"(містить залізо), яка обумовлює червоний колір м'язової тканини. Його фізіологічна функція - носій кисню. При сполученні з киснем утворюється оксиміоглобін, який має яскраво-червоне забарвлення. При тривалій дії кисню, повітря, окису азоту, залізо окислюється в трьохвалентне і міоглобін перетворюється в метміоглобін, який має коричневий колір. Це явище спостерігається при тривалому зберіганні м'яса

#### **Амінокислотний склад білків міофібрил і саркоплазми**

Амінокислоти	Вміст амінокислот у білках, %				
	міозин	актин	міоген	тропоміозин	міоглобін
Лізин	11,92	7,6	9,54	15,7	15,5
Гістидин	2,41	2,9	4,21	0,85	8,5
Аргінін	7,36	6,6	6,33	7,8	2,2
Треонін	5,1	7,0	7,47	2,9	4,56
Лейцин	15,6	8,25	11,5	15,6	16,8

Ізолейцин	–	7,5	–	–	–
Серин	4,33	5,9	7,3	4,38	3,46
Пролін	1,9	5,1	5,71	1,3	3,94
Гліцин	1,9	5,0	5,61	0,4	5,85
Аланін	6,5	6,3	8,56	8,8	7,95
Валін	2,6	4,9	7,4	3,13	4,09
Метіонін	3,4	4,5	1,17	2,8	1,71
Тирозин	3,4	5,8	5,31	3,1	2,4
Фенілаланін	4,3	4,8	3,06	4,6	5,09
Триптофан	0,8	2,05	2,31	0,1	2,34
Цистин	1,4	1,34	1,12	0,76	0,03
Аргінін	7,36	6,6	6,33	7,8	2,2
Аспарагінова кислота	8,9	10,9	9,7	9,1	8,2
Глутамінова кислота	22,1	14,8	11,4	32,9	16,48

На поверхні сарколеми містяться сполучнотканинні волокна, які складаються із білків сполучної тканини (колагену, еластину та ретикуліну). У міжклітинному просторі знаходяться муцини, мукоїди та глікопротеїди, у процесі гідролізу яких утворюються простий білок і вуглеводна простетична група. Ці білки виконують захисні функції та полегшують тертя між м'язовими пучками.

Чим більше в м'ясі сполучно-тканинних білків, тим нижча його харчова цінність.

#### **Амінокислотний склад колагену**

Амінокислота	Вміст, %	Амінокислота	Вміст, %
Лізін	2,60	Аланін	10,93
Гістидин	0,42	Валін	2,02
Аргінін	4,45	Метіонін	0,61
Аспарагінова кислота	4,90	Ізолейцин	1,36
Треонін	1,87	Лейцин	2,66
Серин	3,87	Тирозин	0,52
Глутамінова кислота	7,19	Фенілаланін	1,31
Пролін	11,82	Оксипролін	9,21
Гліцин	33,50	Гідроксилізін	0,76

В тушах великої рогатої худоби найповноцінніше м'ясо знаходиться в спинній частині (містить 2% колагену), найменш повноцінне – у гомілці (14% колагену від маси білків).

Абсолютна кількість білків м'яса синтезується в його м'язовій тканині. До окремих м'язів, пучків м'язових волокон і окремого м'язового волокна з током артеріальної крові через капілярну сітку надходять поживні речовини, які слугують основою для біосинтезу м'язових білків. Поживні речовини через пори мембран капілярів шляхом дифузії, осмосу та за участі білкових переносників проникають у міжклітинну рідину, а з неї через пори мембран клітин у цитоплазму (для м'язових волокон у саркоплазму). Певна кількість речовин, необхідних для біосинтезу білків, може утворюватися в самих

клітинах з про- дуктів проміжного обміну – білків, вугле- водів, ліпідів, нуклеї- нових кислот.

Біосинтез білків м'яса здійснюється через ряд стадій, типових для всіх живих організмів. Інформація про амінокислотний склад білків закодована у молекулі ДНК.

До *азотистих екстрактивних речовин* м'язів відносять карнозин, креатин, креатин фосфат, пуринові основи, амінокислоти, сечовина, аміак, АТФ, АДФ, АМФ. Однією з головних азотистих екстрактивних речовин є карнозин. Він сприяє підсиленню виробки і відділення шлункового соку. Багато з азотистих екстрактивних речовин при введенні їх в організм тварин підвищують тонус нервової системи.

*Безазотисті екстрактивні речовини* складають: глікоген, глюкоза, молочна кислота, піровіноградна кислота і ін. Загальний вміст їх складає біля 1 %, але співвідношення змінюється на різних стадіях дозрівання м'яса. Із загальної кількості безазотистих екстрактивних речовин на долю глікогену

(тваринного крохмалю) припадає більше половини (0,3-0,9%). Вміст глікогену залежить від вгодованості тварин і фізичного стану перед забоєм. У м'язях хворих, втомлених, голодних тварин його менше.

*Після забою глікоген розпадається до молочної кислоти.* В першу годину після забою кількість молочної кислоти в яловичині майже в 2,5 рази більше, ніж глікогену, а через 24 години це співвідношення зростає до трьох разів. Підвищення вмісту молочної кислоти в м'ясі знижує його водоутримуючу здатність, а при тепловій обробці воно втрачає багато тканинної рідини і становиться менш соковитим.

*Харчове значення азотистих і безазотистих екстрактивних речовин невелике, але вони благотійно впливають на процеси травлення, засвоєння їжі людиною і надають їй особливий смак і аромат.*

*Ліпіди* в м'ясі представлені нейтральним жиром, фосфоліпідами та холестерином. М'ясо з дуже низьким вмістом жиру недостатньо ніжне, соковите. Надмірний жир знижує смакові властивості м'яса.

Серед ліпідів м'яса переважають *нейтральні жири*, утворені залишком триатомного спирту гліцеролу та вищими жирними кислотами. В різних видах м'яса різне співвідношення жирних кислот. У баранині -48% ненасичених і 52% насичених жирних кислот, у яловичині це співвідношення – 53:47, у свинині -63:37 на користь ненасичених кислот.

#### **Вміст ліпідів у яловичині і свинині**

Показник	Вміст, %			
	М'ясо	ВРХ	М'ясо свиней	
	м'язова тканина	жирова тканина	м'язова тканина	жирова тканина
Загальні ліпіди	2,5	85	3,5	91
Тригліцероли	1,7	83,5	2,8	89,6
Фосфоліпіди	0,70	1,40	0,64	1,23
Холестерол	0,06	0,10	0,06	0,09
Жирні кислоти (сума)	2,29	81,03	3,18	86,73
Насичені кислоти, у т.ч.:	1,11	37,78	1,23	33,34
– міристинова (C <sub>14:0</sub> )	0,06	3,00	0,05	1,21
– пентадеканова (C <sub>15:0</sub> )	0,01	0,57	0,01	0,05

– пальмітинова (C <sub>16:0</sub> )	0,65	22,1	0,79	20,64
– маргарінова (C <sub>17:0</sub> )	0,02	1,54	0,01	0,33
– стеаринова (C <sub>18:0</sub> )	0,37	10,5	0,37	11,00
Мононенасичені кислоти, у т.ч.:	1,05	40,57	1,63	41,98
– міристоленова (C <sub>14:1</sub> )	0,02	1,46	сліди	0,03
– пальмітолеїнова (C <sub>16:1</sub> )	0,08	5,19	0,12	3,12
– олеїнова (C <sub>18:1</sub> )	0,89	33,6	1,45	38,7
Поліненасичені кислоти, у т.ч.:	0,13	2,68	0,32	10,41
– лінолева (C <sub>18:2</sub> )	0,09	1,95	0,24	9,45
– ліноленова (C <sub>18:3</sub> )	0,02	0,73	0,035	0,61
– арахідонова (C <sub>18:4</sub> )	0,02	сліди	0,035	0,35

Кількість *фосфатидів* у м'ясі відносно стабільна – 0,5–1,0 %. Вони входять до складу клітинних мембран і беруть участь у скороченні м'язів. Із фосфатидів у м'ясі найбільша кількість лецитину та кефаліну.

Вміст стеринів і стеридів у м'ясі становить 0,03–0,25 %. Вони виконують структурну функцію, входять до складу мембран м'язових волокон і клітин строми. Похідними стеринів є ряд стероїдних гормонів (статеві та кори наднирників), жовчні кислоти, вітамінів групи D. Важливе значення має холестерол.

#### **Вміст холестеролу у м'ясних продуктах**

Вид продукту	Вміст, мг/100 г	Вид продукту	Вміст, мг/100 г
Яловичина	75	Субпродукти ялові:	
Телятина	110	– печінка	270
Свинина	120	– нирки	300
Баранина	70	– серце	140
М'ясо кролика	40	– язик	50
Жир	100–110	Субпродукти свинячі:	
Кури	80	– мозок	2000
Бройлери	50	– печінка	130
Гуси	110	– нирки	200
Індики	210	– серце	120
Качки	80	– язик	50

Вміст загального холестерину складає 50-70 мг%. Найбільший вміст холестерину у свинині -80-120 мг%, найменший у баранині і кролятині.

*Мінеральні речовини* надходять у тканини м'язів з током крові у вигляді іонів, солей, кислот і основ. У м'ясі різних видів сільськогосподарських тварин міститься 0,7–1,7 % мінеральних сполук. Із катіонів у м'язах є Калій, Натрій, Кальцій, Магній, у невеликих кількостях Купрум, Манган, Цинк. З аніонів найбільше залишків фосфатної кислоти, менше – хлоридної та інших кислот. Вміст мінеральних речовин у м'ясі залежить від його виду.

## Вміст мінеральних елементів у м'ясі

Компоненти	Яловичина	Свинина	Баранина	Кролятина	Курятина
Макроелементи, мг/100 г продукту:					
Калій	355	316	329	335	325
Кальцій	10,2	8,0	9,8	12,5	9,0
Магній	22,0	27,0	25,1	25,0	28,0
Натрій	73	64,8	101	57,0	88
Сульфур	230	220	165	225	180
Фосфор	188	170	168	190	200
Хлор	59	48,6	83,6	79,5	82
Мікроелементи, мкг/100 г продукту:					
Ферум	2900	1940	2090	3300	1200
Йод	7,2	6,6	2,2	5,0	—
Кобальт	7,0	8,0	6,0	16,2	13,0
Манган	35,0	28,5	35,0	13,0	12,0
Купрум	182	96	238	130	68
Молибден	11,6	13,0	9,0	4,5	6,7
Нікель	6,8	12,3	5,5	—	—
Фтор	63,0	69,3	120	73	76
Хром	8,2	13,5	8,7	8,5	7,5
Цинк	3240	2070	2820	2310	2128

Іони, що знаходяться у м'язовій тканині, відіграють важливе значення у підтримці сталості реакції середовища, осмосу та осмотичного тиску, у регулюванні специфічних функцій тваринного організму. Зокрема, іони Натрію підвищують збудливість, іони Калію й Магнію беруть участь у процесах скорочення і розслаблення м'язів.

Ряд двовалентних катіонів мають пряме відношення до процесів біосинтезу та функціонування багатьох білків м'язової тканини. Зокрема, 60 % всього Кальцію м'язів зв'язано з актином, 35 – з міозином, 3 % – з білками стріми. Калій у м'язах переважно сконцентрований у саркоплазмі та всередині клітин, Натрій – у позаклітинному середовищі, Герум – до складу гемоглобіну.

У м'язовій тканині містяться такі вітаміни А, В1,В2,В6,В12, РР, біотин, пантотенова кислота. Теплова обробка м'яса частково руйнує вітаміни: при смаженні - на 10-50%, стерилізації консервів - на 10-55% і при варінні - на 45-60%.

М'язова тканина містить також різні протеолітичні, ліполітичні, гліколітичні і інші ферменти.

### 3. Біохімія субпродуктів

*Субпродукти* – паренхіматозні органи і деякі інші частини тіла забійних сільськогосподарських тварин, що використовуються з харчовою метою. Залежно від харчових потреб і цінності субпродукти поділяють на дві категорії: І – печінка, серце,

язик, нирки, м'ясні обрізки, мозок і діафрагма, а також вим'я і м'ясо- кістковий хвіст (для ВРХ), ІІ – голова, кінцівки, м'ясо-кісткова частина хвоста (у свиней), ноги (кінцівки до зап'ястного і путового суглобів), губи і вуха, легені, трахеї ВРХ і свиней, селезінка, рубець, сичуг, книжка, свинячий шлунок тощо . Високим вмістом води відзначаються нирки та рубець. Вим'я, голова та язик мають високий вміст ліпідів.

### Хімічний склад субпродуктів великої рогатої худоби

Субпродукти	Вміст, %					Енергетична цінність, кДж/100 г
	вода	білок	ліпіди	екстрактивні речовини	зола	
Вим'я	72,6	12,3	13,7	0,6	0,8	724
Голова	67,8	18,1	12,5	0,9	0,7	474
Легені	77,5	15,2	4,7	1,6	1,0	431
Мозок	78,9	9,5	9,5	0,8	1,3	579
Печінка	72,9	17,0	3,1	5,3	1,3	410
Нирки	82,7	12,5	1,8	1,9	1,1	276
Рубець	80,0	14,8	4,2	0,5	0,5	406
Серце	79,0	15,0	3,0	1,0	1,0	364
Вуха	69,0	25,2	2,3	0,7	0,7	510
Хвіст	71,2	19,7	6,5	0,8	0,8	573
Язик	71,2	13,6	12,1	0,9	0,9	682

Для приготування кормового борошна використовують малоцінні за харчовою цінністю паренхіматозні органи й інші відходи туш овець і кіз – книжку, сітку, сичуг, вуха, путовий суглоб, трахею. До технічних субпродуктів відносять статеві органи, кишечник, роги, копита та інші частини тіла, непридатні для харчування. Вони використовуються для приготування кормового борошна, кишки – для виробництва ковбасних виробів, роги і копита (копитці) – прикрас, гудзиків й інших предметів.

Тканини печінки дуже багаті на вітаміни, особливо жиророзчинні – А, D, Е, К, F і Q. Мозок характеризується значною кількістю фосфатидів. Печінка, нирки та серце мають значний вміст різних макро- і мікроелементів .

### Вміст мінеральних елементів у субпродуктах великої рогатої худоби

Субпродукти	Вміст, мг на 100 г				
	Калій	Кальцій	Магній	Фосфор	Ферум
Вим'я	–	49,0	11,0	141,0	3,3
Губи	–	22,0	14,0	117,0	9,2
Легені	–	10,0	12,0	195,0	10,0
Печінка	330,0	5,0	18,0	340,0	9,0
Нирки	163,0	9,0	15,0	219,0	7,1
Рубець зачищений	–	15,0	14,0	85,0	3,0
Серце	–	5,0	22,0	212,0	7,0
Вуха очищені	–	22,0	11,0	65,0	–
Хвіст	–	7,0	19,0	162,0	4,5
Язик	–	7,0	19,0	162,0	5,0

Для хімічного складу субпродуктів характерні видові особливості. Хімічний склад субпродуктів із часом змінюється у результаті розвитку в них мікрофлори, що призводить до зміни реакції середовища. Зокрема, за бактеріоскопії доброякісних субпродуктів у полі зору виявляються поодинокі мікроорганізми, сумнівні за свіжістю – 20–50 мікроорганізмів, несвіжі – більше 50 мікроорганізмів.

### Показники субпродуктів різної свіжості

Свіжість	Реакція середовища, рН			
	Печінка	Нирки	Серце	Легені
Свіжі	6,0–6,2	5,5–6,0	6,3	До 6,5
Сумнівної свіжості	5,8–6,0	6,0–6,2	6,35–6,40	6,5–6,6
Несвіжі	5,3–5,8	6,2–6,5	Більше 6,4	Більше 6,6

Відношення триптофану, що характеризує наявність повноцінних білків, до оксипроліну, типовому для неповноцінних білків, ілюструє білково-якісний показник м'ясної сировини. Найбільш високим показником відрізняються мозок, печінка, серце, нирки, язик, низьким – решта субпродуктів, особливо діафрагма та вим'я.

### Білково-якісний показник яловичини та субпродуктів

Продукти	Вміст амінокислот, % до білка		Білково-якісний показник
	триптофан	оксипролін	
Яловичина	1,26	0,27	4,667
Печінка	1,33	1,05	1,286
Серце	1,35	1,43	0,944
Нирки	1,41	1,84	0,707
Язик	1,04	1,66	0,627
Мозок	1,39	0,27	5,148
Діафрагма	0,75	27,03	0,027
Вим'я	0,83	33,04	0,024
Рубець	0,89	12,27	0,073
Легені	0,88	15,00	0,069
Селезінка	0,93	6,06	0,153
М'ясо голови	1,20	8,69	0,138

Субпродукти відрізняються за хімічним складом. Вони, крім цього, нерівнозначні за харчовою цінністю. Зокрема, внутрішні органи, які не виконують рухових функцій (печінка, легені, нирки, селезінка), містять мало м'язової тканини, багаті на сполучну тканину, судини, паренхіму. Органи, що виконують рухливі функції (серце, язик, діафрагма, шлунок), багаті на м'язову тканину і за хімічним складом нагадують м'ясо. Поверхневі частини туші (губи, вуха, хвіст, голова, кінцівки) мають різноманітний тканинний і хімічний склад, зумовлений їх складними функціями. Субпродукти відрізняються неоднаковою харчовою цінністю, яка визначається швидкістю перетравлення ферментами шлунково-кишкового тракту людини. Найбільш висока вона у білків печінки, селезінки, серця, легень, рубця, нирок, сичуга; середній ступінь

перетравлення відмічено для білків язика, мозку, вим'я; найнижчий для білків діафрагми, губ і м'яса голови.

### Швидкість перетравлення білків м'яса та субпродуктів

Продукти	Швидкість перетравлення, од. оптичної щільності/г білка		
	Пепсин	Панкреатин	Загальне перетравлення
Яловичина	9,72	44,44	54,16
Печінка	9,80	40,10	49,90
Серце	20,90	32,34	53,24
Нирки	29,05	66,00	95,05
Язик	15,24	27,00	42,24
Мозок	5,42	37,34	42,76
Діафрагма	21,33	12,55	33,88
Вим'я	28,69	21,21	49,90
Рубець	24,03	32,83	56,86
Сичуг	26,01	58,40	84,41
Легені	30,26	40,06	70,32
Селезінка	43,36	59,31	102,67
М'ясо голови	18,22	13,90	32,12
Губи	15,22	14,84	30,06

Різні субпродукти відрізняються повноцінністю білків та інших складових частин. Зокрема, печінка містить у середньому 15,7 % повноцінних білків (в основному альбумінів і глобулінів), багата на білки, що містять у складі метали (особливо Ферум, Купрум) і лише близько 2 % колагену. У тканинах печінки високий вміст глікогену (5–8 %), вітамінів, екстрактивних речовин, мінеральних сполук, багатих на Фосфор, Кальцій та інші макро- і мікроелементи. Це дозволяє лікарям рекомендувати печінку як дієтичний харчовий продукт у разі лікування багатьох захворювань.

Слід відмітити, що у білках печінки міститься значно більше залишків таких амінокислот, як лейцин, валін, метіонін і треонін, ніж у білках, одержаних з тканин легень і селезінки.

У тканинах нирок є до 11 % повноцінних білків, близько 2 % екстрактивних речовин. Склад амінокислот м'яса і м'язової тканини внутрішніх органів аналогічний, але останні містять набагато більше залишків лейцину, валіну і фенілаланіну у своїх білках і менше метіоніну, аргініну і гістидину. М'ясо язика має трохи менше повноцінних білків і більше колагену.

Мозок бідніший на білки, але має великий вміст фосфатидів, стеринів і стеридів та вищих ненасичених кислот. Тканини мозку містять макро- і мікроелементи (Натрій, Калій, Кальцій, Магній, Йод та інші). Засвоюваність поживних речовин, що містяться у тканинах мозку, досягає 60 %.

Легені, як харчовий продукт, мають низьку поживну цінність. Тут є дуже мало повноцінних білків, багато колагену та еластину (близько 6 %). Інші субпродукти (хвости, кінцівки, вим'я, вуха, рубець тощо) мають низьку поживну цінність, адже 50–70 % їх білків представлені колагеном. Деякі субпродукти використовують для одержання ферментів, гормонів та інших важливих речовин. Зокрема, із вилочкової



залози одержують гормон тирозин, із тканин сичуга – фермент хімосин, зі свинячого шлунка – пепсин, із підшлункової залози – трипсин, хімотрипсин, ліпазу, гормони інсулін і глюкагон тощо.

## ЛЕКЦІЯ 6

### Біохімічні процеси у м'ясі після забою, за холодової та теплової обробки

#### План

1. Біохімічні процеси в м'ясі після забою тварин
2. Гниття м'яса
3. Біохімічні зміни в м'ясі за холодової обробки та розморожування
4. Теплова обробка м'яса
5. Фізико-хімічні зміни в м'ясі під час засолу
6. Зміни в м'ясі та м'ясопродуктах під час коптіння та сушіння.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. Біохімія м'яса та м'ясопродуктів: Навч. посібник . Біла Церква, 2014. –192 с.
2. Власенко В.В., Славов В.П., Шубенко О.І. Біохімія м'яса: Навчальний посібник. – Житомир. – 2013.
3. Янчева М. О., Пешук Л. В., Дроменко О. Б. Я 66 Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: Навч. пос. К.: Центр учбової літератури, 2009. 304 с.

### 1. Біохімічні процеси в м'ясі після забою тварин

У перші години після забою тварин м'ясо ніжне, утримує максимальну кількість води, має слабо виражений аромат і смак. Таке м'ясо називають *парним*. У товщі м'яса відмічається температура, близька до прижиттєвої. На поверхні м'яса ще немає шкірочки підсихання, реакція середовища близька до нейтральної (рН 7). Після термообробки одержують м'ясо з низькими кулінарними якостями – воно жорстке, бульйон каламутний, відсутній аромат і типовий смак.

У м'ясі під час остигання відбуваються фізичні та фізико-хімічні зміни, після чого воно стає придатним для кулінарних потреб. Біохімічні процеси, що відбуваються у м'ясі після забою тварин і птиці, умовно розділяють на три послідовні стадії – заляккання, дозрівання й глибокий автоліз.

**Заляккання** є однією з перших змін м'яса після забою тварин і птиці. Воно настає через декілька хвилин (15–30) або годин (5–7), залежно від умов, в яких знаходилась тварина перед забоєм (у першу чергу, температури). Швидкість та інтенсивність заляккання залежить від вмісту у свіжому м'ясі глікогену і молочної кислоти. У разі заляккання м'язи стають коротшими, твердішими, зникає їх еластичність. Біохімічний механізм заляккання складається з декількох етапів.

Після забою тварин у м'язи та інші тканини припиняється надходження поживних речовин, сповільнюється та припиняється виділення продуктів метаболізму. Заляккання більш виражено у поперечносмугастих м'язах, багатих саркоплазмою. Туша починає тверднути, суглоби стають нерухомими. Заляккання починається з жувальної мускулатури і поширюється краніо-каудально до мускулатури шиї, потім передніх та задніх кінцівок. У м'язах припиняється синтез АТФ та посилюється її розщеплення. З часом АТФ зникає, що спричиняє втрату м'язами еластичності. Розпад і поступове зникнення АТФ та креатинфосфату із м'яса призводять до збільшення

концентрації ортофосфорної кислоти від 0,04 до 0,1 % й більше. З припиненням клітинного дихання внаслідок розпаду глікогену у м'ясі швидко збільшується концентрація вугільної та молочної кислот, змінюється реакція середовища. У живих м'язах рН становить 7,3–7,5, зразу після забою наближається до нейтральної (рН 7), а потім стає слабокислою (рН 5,3–5,4). Через дві-три доби рН поступово підвищується. Зміна реакції середовища м'яса після забою тварин призводить до коагуляції білків саркоплазми. Більшість білків (60–70 %) переходять у нерозчинну форму, збільшується кількість амінно-аміачного азоту в результаті протеолізу і дезамінування амінокислот.

У перші 20–50 хв після забою спостерігається підвищення температури м'яса на 0,5–2,0 °С через порушення клітинного дихання та окисного фосфорилювання. Припиняється синтез АТФ, а хімічна енергія, що утворилась за клітинного дихання, перетворюється на теплову, що підвищує температуру м'язів.

Після залякання (1–2 доби) починається друга стадія біохімічних змін – **дозрівання м'яса**. У м'ясі за дії катепсинів проходить протеоліз з утворенням альбумоз, пептонів, полі- пептидів, олігопептидів та амінокислот. Аміак, що утворюється за дезамінування амінокислот, нейтралізує кислоти, які були у м'язах прижиттєво та утворилися під час залякання. Збільшується кількість HS-сполук, досягаючи максимальної кількості наприкінці 3-ї доби (у разі зберігання м'яса за температури +4 °С). У м'ясі поступово нейтралізується вуглекислота, падає її тиск, що є однією із причин послаблення залякання м'язів. Руйнується актоміозин – головний білок міофібрил, що сприяє поступовому пом'якшенню м'язової тканини і припиненню залякання. М'язи розслаблюються, до них повертається первинна пружність.

Змінюється хімічний склад і фізико-хімічні властивості м'яса. За дії ферментів м'язової тканини, які функціонують у ній після смерті тварин, відбуваються численні біохімічні реакції, що надають м'ясу приємний смак, аромат, соковитість, ніжність і легкість засвоювання організмом людини чи тварин. Під час дозрівання м'яса реакціями анаеробного гліколізу та глікогенолізу розщеплюються глюкоза і глікоген до молочної або пірови- ноградної кислот .

Інтенсивність таких хімічних перетворень та ефективність дозрівання м'яса залежать від кількості у м'ясі глюкози, глікогену, активності ферментів гліколізу й температури навколишнього середовища.

За підвищення температури навколишнього середовища анаеробне розщеплення вуглеводів у м'ясі протікає інтенсивніше, але не охоплює весь глікоген. За температури 1–3 °С відбувається розщеплення 98 % глікогену до молочної кислоти, 14–16 °С – 80–85 %, 25–27 °С – 43–50 %. За високих температур більшість глікогену м'яса гідролізується до декстринів, мальтози і глюкози, або розщеплюється лише до глюкозо-6-фосфату. Оптимальною температурою для ферментів анаеробного гліколізу і глікогенолізу є 1–3 °С, що дозволяє одержати високоякісне дозріле м'ясо. Це необхідно враховувати за зберігання та консервування м'яса. Так, під час розморожування замороженого м'яса реакції анаеробного розщеплення вуглеводів поновлюються і найбільш активно протікають за температури 1–3 °С, що дозволяє одержати доброякісне м'ясо після розмороження туш.

Якість м'яса погіршується за нестачі у ньому глікогену. Це відбувається у разі порушення фізіологічного стану тварин перед забоєм, найчастіше за перевтоми, тривалого голодування, перегрівання або переохолодження. Збереження м'ясом

якісних показників, перш за все, залежить від передзабійного стану тварин. Кількість амінно-аміачного азоту в яловичині, одержаної від тварин, що відпочивали до забою впродовж 3 діб, протягом 10-добового збереження значно менше, ніж у м'ясі тварин, забитих після добового відпочинку. Різко підвищений цей показник, а також рН у м'ясі тварин, забитих безпосередньо після транспортування.

У динаміці вмісту глікогену м'яса виділяють чотири етапи: зменшення кількості полісахаридів у м'язовій тканині; збереження концентрації глікогену на рівні, типовому для початку глікогенолізу; вторинне незначне збільшення кількості глікогену у м'ясі і, насамкінець, інтенсивний розпад глікогену до повного його зникнення з м'яса. Другий і третій періоди динаміки глікогену у м'язовій тканині зумовлені інтенсивним розщепленням у м'язових волокнах біокомплексних сполук (глікопротеїдів), що призводить до вивільнення з них глікогену та подальше включення у реакції анаеробного глікогенолізу до утворення молочної кислоти. Підвищення концентрації молочної кислоти (0,5–2,0 % від загальної сирової маси) та фосфатної кислоти (до 0,1 % і більше) у м'ясі різко змінюють реакцію середовища у кислий бік (рН 5,7–5,5). Це призводить до позитивних змін у мікроструктурі, фізико-хімічних властивостях і хімічному складі м'яса. Підвищується проникність клітинних мембран, перш за все, сарколеми, змінюється структура та властивості білків м'яса, відбувається перерозподіл мінеральних речовин у тканинах м'яса.

Молочна кислота із саркоплазми виходить у сполучнотканинну строму, що спричинює її розпущення. Зменшується гідрофільність білків, відбувається їх деструктуризація, руйнуються водневі зв'язки між поліпептидними ланцюгами, гідролізуються пептидні зв'язки, порушується первинна структура і білки перестають коагулювати. Водозв'язувальна здатність білків за добу зменшується на 25 %, активізуються лізосомні ферменти (кисла фосфатаза, нуклеази, катепсини, колагеназа та інші). Гідроліз білків проходить за схемою:

Білок → Альбумози → Пептони → Поліпептиди →  
→ Олігопептиди → Амінокислоти.

Цим пояснюється обробка м'яса протеолітичними ферментами рослинного (папаїн, фіцин, бромелін), тваринного (пепсин, трипсин, хімотрипсин) та мікробного походження (протооризин, прототеризин, протосубтилін), з метою прискорення процесів дозрівання і поліпшення його смакових властивостей.

У м'ясі збільшується вміст вільних амінокислот. Так, концентрація аланіну й гліцину у м'ясі після дозрівання збільшується на 50 %, аспарагінової і глутамінової кислот на кінець 18-ї доби – у 10 разів. Проходить інтенсивний розпад солей білків із катіонами Натрію, Калію, Кальцію, Магнію. Зникає гідрофільність білків, що призводить до утворення м'ясного соку.

*М'ясний сік* – рідина, що виділяється з дозріваючого м'яса і просочує всю його масу. Основою м'ясного соку є вода (до 90 %), сухий залишок складається з білків (6 %), екстрактивних (3 %) і мінеральних (3 %) речовин. Він значною мірою визначає смак м'яса, зокрема його складові компоненти – глутамінову й інозинову кислоти, деякі амінокислоти та інші низькомолекулярні сполуки.

Специфічний смак і запах яловичини, свинини, баранини, конини й інших видів м'яса зумовлений ліпідним складом, зокрема вільними леткими жирними кислотами.

М'ясо молодих тварин дозріває швидше. У ньому більш активні лізосомні ферменти, особливо катепсини, та менш стійка структура білків сполучнотканинної строми. Катепсини легко розщеплюють пептидні зв'язки всіх білків м'яса до легкодоступних для засвоєння організмом людини і тварин альбумоз, пептонів, олігопептидів та амінокислот. Змінюється консистенція м'яса, воно стає м'яким, ніжним. Найбільш ніжна консистенція виникає у м'ясі дорослої ВРХ, що зберігається за температури 0–2 °С на 10–12 добу дозрівання, у молодняку – на 3–4 добу. За тих же умов м'ясо гусей дозріває на 6 добу, гусенят – на 3 добу.

М'ясо втомлених і хворих тварин дозріває повільніше та має гіршу якість за рахунок зменшення кількості глікогену, органічних кислот, зокрема молочної, та зниження активності ферментів анаеробного глікогенолізу. У разі захворювань тварин, що супроводжуються підвищенням температури тіла, у м'ясі нагромаджуються проміжні та кінцеві продукти білкового обміну у вигляді амінів, амідів кислот, аміаку та інших сполук. Реакція середовища зміщується у лужну сторону, що створює сприятливі умови для розвитку патогенної мікрофлори. У м'ясі порушуються реакції глікогенолізу, воно стає жорстким, з неприємним смаком, а іноді й запахом, гірше перетравлюється і засвоюється організмом. У ряді випадків таке м'ясо може бути шкідливим для здоров'я людини і тварин та вибраковується відповідно до вимог Ветеринарного законодавства.

### **АВТОЛІЗ М'ЯСА**

За порушень технології зберігання у м'ясі розвивається ряд незворотних біохімічних змін, що роблять його непридатним для їжі та навіть отруйним для харчування. У ньому відбуваються процеси глибокого *автолізу* (грец. *autos* – сам, *lysys* – розчинення) – розпаду клітин м'яса за дії власних лізосомних і мікробних ферментів з утворенням отруйних сполук. Розрізняють дві стадії автолізу – загар і гниття м'яса.

*Загар* м'яса – вид автолізу, за якого на поверхні м'яса виникає шкірочка, під якою у тканинах м'яса проходять хімічні процеси, що роблять його непридатним і навіть отруйним. У разі загару запах м'яса стає задушливо-кислим, колір – сіро-коричневим або сіро-червоним, консистенція – дуже в'ялою.

На першій стадії автолізу важливе значення має кількісний вміст у м'ясі макроергічних сполук (зокрема АТФ), внаслідок дефосфорування яких здійснюється фосфороліз глікогену, що забезпечує скорочення міофібрилярних білків. Через зменшення запасів АТФ не вистачає енергії для відновлення стану релаксації м'язових волокон, які скоротилися. Вивільнені кислоти (молочна, фосфатна) впливають на стан м'язових білків, що в свою чергу визначає технологічні властивості м'яса (консистенція, водозв'язувальна здатність). Зсув рН у кислу сторону зумовлює перетворення міофібрилярних білків; змінюється проникність мембранних міофібрил; іони  $\text{Ca}^{2+}$ , які виділяються із саркоплазматичного ретикулуму, підвищують АТФ-азну активність міозину; глобулярний (G-актин) перетворюється на фібрилярний (F-актин). Енергія розпаду АТФ використовується для утворення актоміозинового комплексу, який спричинює скорочення м'яза.

Загар м'яса виникає у тих випадках, коли парні туші або частини туш тісно стикаються між собою, що заважає м'ясу охолоджуватися і сприяє проходженню в ньому негативних хімічних процесів. Загар м'яса виникає за недостатньої циркуляції повітря та у тих випадках, коли шкіра тварин була знята через певний проміжок часу

після забою. Загар м'яса виникає і за надто повільного заморожування парного м'яса, особливо жирних яловичих або свинячих туш із товстим шаром шпикю. Це пов'язано з тим, що жир є поганим провідником тепла, зменшує швидкість охолодження туш і утруднює дифузію повітря і складових газів, що утворилися всередині м'яса (вуглекислоти, аміаку тощо).

Загару м'яса сприяє підвищена температура зовнішнього середовища (понад 15 °С), висока вологість та антисанітарне оточення. У м'ясі підвищується температура, що сприяє порушенню спряження реакцій клітинного дихання та окисного фосфорилювання. У м'ясі проходять реакції глікогенолізу, гліколізу, протеолізу білків і дезамінування амінокислот, гідролізу жирів з утворенням низькомолекулярних жирних кислот (масляної, капронової, капринової тощо). У м'ясі нагромаджуються аміни: метиламін ( $\text{CH}_3\text{-NH}_2$ ), етиламін ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH}_2$ ), пропіламін ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{-NH}_2$ ), сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ) та інші продукти, що є причиною неприємного запаху м'яса.

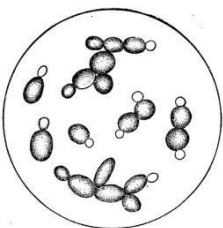
М'ясо, піддане загару, як правило, забруднене шкідливою мікрофлорою. У тушках гусей, качок за загару внутрішній жир набуває зеленувато-жовтого забарвлення. Для профілактики загару м'ясо слід зберігати у прохолодному приміщенні з доброю вентиляцією.

Оцінка придатності м'яса для харчових цілей визначається ступенем розвитку в ньому процесів, що зумовлюють загар. Для цього м'ясо ріжуть на шматки і розвішують у холодильній камері з інтенсивною вентиляцією. Якщо через добу у м'ясі не зникає неприємний запах, воно вважається непридатним для їжі. У разі зникнення запаху таке м'ясо використовують для промислової переробки.

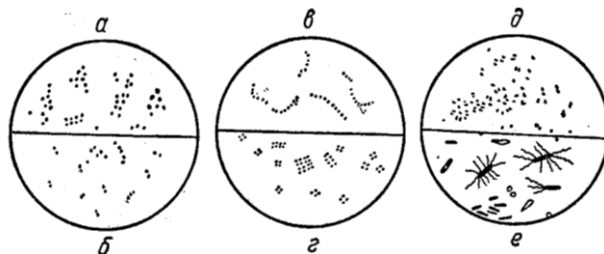
## 2. ГНИТТЯ М'ЯСА

Гниття м'яса – розкладання органічних складових частин м'яса на отруйні сполуки за дії гнилісних мікроорганізмів. Зі складових частин м'яса найчастіше гниють м'язова тканина і субпродукти. Сполучна, жирова, кісткова тканини значно рідше зазнають цього процесу, тому що містять мало білкових сполук.

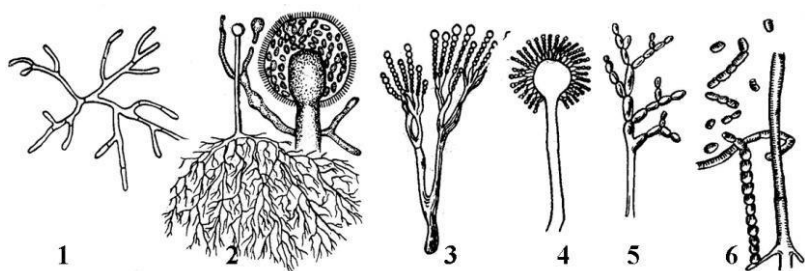
Мікроорганізми, що перебувають у м'ясі та м'ясних продуктах, можуть бути аеробами та анаеробами, їх поділяють на: дріжджі (рис. 34), бактерії (рис. 35), плісняву (рис. 36), віруси, рикетсії, водорості та найпростіші.



Форми дріжджів



**Кулеподібні та паличкоподібні форми бактерій:** а – мікрококи; б – диплококи; в – стрептококи; г – сарцини; д – безспоріві палички; е – споріві палички.



**Пліснява:** 1 – міцелій плісняви; 2 – мукор; 3 – пеніциліум; 4 – аспергілюс; 5 – клядоспоріум; 6 – молочна пліснява.

За дії ферментів мікроорганізмів (в основному протеаз) відбувається розщеплення білків до протеїнів і простетичних груп, простих білків – до амінокислот. Дезамінування і декарбоксилювання амінокислот призводить до утворення у м'ясі аміаку, сірководню, вуглекислоти, летких жирних кислот, амінів, особливо трупних отрут (путресцину і кадаверину), індолу, скатолу, меркаптанів та інших шкідливих для організму людини і тварин хімічних сполук. Процеси гниття проходять поетапно та спряжені між собою, що спричинює утворення цілого ряду отруйних речовин. Зокрема, за гнильного розкладання багатьох білків м'язової тканини утворюється амінокислота тирозин, яка може бути джерелом низки отруйних речовин: оксифеніл пропіонової кислоти, фенолу, крезолу.

За гниття триптофану утворюються скатол та індол, що надають м'ясу неприємного запаху.

За гнильного розкладу цистину та цистеїну утворюються отруйні речовини з неприємним запахом – меркаптани, сірководень, а також аміак, метан і вуглекислий газ.

Поряд із перерахованими вище процесами відбувається псування жирів, внаслідок чого утворюються сполуки, які змінюють органолептичну характеристику м'яса.

Під час розкладання жирів утворюються ненасичені жирні кислоти (масляна, капронова, каприлова та ін.), альдегіди, окисикислоти, які мають неприємний запах, що знижує якість м'яса і робить його непридатним для споживання.

Одночасно з гниттям білків та псуванням жирів у м'ясі відбуваються бродіння вуглеводів, гідроліз і окиснення ліпідів, окисно-відновні реакції та інші хімічні процеси. Все це впливає на швидкість і послідовність утворення різних сполук під час гниття м'яса. Так, за бродіння вуглеводів виділяються кислоти, які зв'язують аміак та інші лужні продукти розпаду м'яса і затримують розмноження гнильних мікроорганізмів. За розвитку процесу розкладання м'яса рН закономірно збільшується, реакція середовища поступово наближається до нейтральної та навіть стає лужною.

Головним показником гниття м'яса є поява на його поверхні ослизнення. Ступінь ослизнення визначається ступенем знекровлення туші, вологістю навколишнього середовища, кількістю та видами мікроорганізмів, що проникли у м'ясо і розмножилися в ньому. За гниття, у першу чергу, розкладається сполучнотканинна строма та залишки крові. Гниттю м'яса сприяють прижиттєві травми м'язів і забрудненість туші мікроорганізмами. Прискорює процеси антисанітарний стан забійного цеху, його устаткування та інструментарію, а також коливання температури у приміщеннях, де воно зберігається. На поверхні м'яса у таких умовах знаходиться надлишок вологи, що накопичується у результаті конденсації пари. Ступінь псування

м'яса залежить від видового складу мікрофлори. На його поверхні краще розмножуються мікроорганізми типу алкалігенес, всередині – клостридій.

Для попередження процесів гниття м'яса необхідно для забою брати клінічно здорових тварин, перед забоєм їм давати відпочинок, старанно очищувати шкури і копита, добре знекровлювати туші, швидко й ефективно охолоджувати, чітко дотримуватися санітарних правил зберігання і дозрівання м'яса.

Повноцінна збереженість м'яса досягається консервуванням, охолодженням, заморожуванням, солінням, добавлянням інгібіторів, ультрафіолетовим опроміненням, обробкою озоном тощо.

## **БІОХІМІЯ М'ЯСА ЗА ЗБЕРІГАННЯ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ**

М'ясо належить до харчових продуктів, які швидко псуються, втрачають поживність і згодом стають непридатними для вживання в їжу та навіть для згодовування тваринам, а у ряді випадків і отруйними для вживання.

Причиною псування м'яса є потрапляння й інтенсивне розмноження в його товщі мікроорганізмів, що спричиняють гниття. Змінюється зовнішній вигляд м'яса: воно стає липким (ослизнюється), зеленувато-сірим, із пухкою консистенцією і неприємним запахом. У такому м'ясі накопичуються продукти гниття – аміни, зокрема, трупні отрути (кадаверин і путресцин), меркаптани, сірководень, феноли (фенол, крезол), продукти розпаду білків (індол, скатол) та інші токсичні речовини. Частина цих сполук (аміни, сірководень, індол, скатол) спричиняють неприємний запах. Для запобігання псування м'яса і м'ясопродуктів проводять ряд технологічних прийомів, направлених на збереження в ньому поживних і органолептичних якостей.

## **3.БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ У М'ЯСІ ЗА ХОЛОДОВОЇ ОБРОБКИ ТА РОЗМОРОЖУВАННЯ**

З усіх методів консервування м'яса і м'ясопродуктів найбільш ефективною є обробка їх холодом. Холодильна обробка включає процеси охолодження, підморожування, заморожування і розморожування. Така обробка забезпечує збереження у харчових продуктах основних поживних речовин м'яса. При цьому харчові якості м'яса зберігаються протягом тривалого часу, особливо у поєднанні з іншими методами консервування. Нерідко холодильна обробка сприяє появі у м'ясі нових якостей, які позитивно відбиваються на його характеристиці як харчового продукту.

За охолодження у м'ясі відбувається ряд фізико-хімічних, біохімічних і морфологічних змін. М'ясо – складна дисперсна система біологічного походження. Дисперсійним середовищем у ньому є вода, дисперсними фазами – різноманітні органічні та мінеральні сполуки. Під час дозрівання з м'яса виділяється м'ясний сік, що містить білки та екстрактивні речовини. М'ясний сік пронизує всю товщу м'яса. Після досягнення м'ясом криоскопічної точки (для м'ясного соку вона становить  $-0,6$ – $-1,2$  °C) відбувається виморожування води, яка поступово виходить з м'язових волокон у сполучнотканинну строму. Заморожування може бути поступове і швидке. За поступового заморожування вода дифундує повільно та утворює кристалики льоду невеликого розміру, які не завдають шкоди морфологічній структурі м'яса. За швидкого заморожування утворюються крупні кристали льоду, що порушують природну будову м'язових волокон і строму.

Гіпертонічний розчин м'ясного соку викликає денатурацію білків і розпад білкових комплексних сполук на складові частини. Найбільш нестійкими є ліпопротеїди, у

молекулах яких зв'язок між білковою й ліпідною частинами недостатньо міцний. Пізніше відбувається агрегація білків м'язового волокна, зменшується їх гідрофільність і розчинність у воді. Це знаходить відображення на ряді фізичних показників м'яса, перш за все, змінюється консистенція – воно стає твердішим, ніж свіже парне. Маса м'яса за заморожування зменшується, з його товщі вода виділяється на поверхню. Кількість виділеної з м'яса води залежить від поверхні м'яса, тривалості заморожування, вологості оточуючого середовища і самого методу заморожування.

Швидке охолодження м'яса викликає холодове скорочення м'язових волокон, особливо парного м'яса, що негативно відбивається на якості м'яса – воно стає жорстким, оскільки з нього витиснута іммобілізована й гідратаційна вода. М'ясо набуває коричневого забарвлення, внаслідок переходу оксимиоглобіну в міоглобін. Охолодження негативно впливає на розвиток мікро-флори у м'ясі, гальмується ріст та розвиток багатьох типів і видів мікроорганізмів, що дозволяє зберегти м'ясо стерильним.

Під час заморожування й зберігання м'яса в замороженому стані відбуваються зміни макро- та мікроструктури його тканин, фізико-хімічних характеристик і хімічного складу. За охолодження певною мірою зникає поперечна смугастість м'язових волокон, у них з'являються гранули, набрякають колагенові волокна і дещо розпушується сполучнотканинна строма. На якість м'яса за заморожування та зберігання впливають вид і стан сировини (маса, вміст жиру), параметри технологічного процесу (температура, швидкість і вологість повітря), ступінь розвитку автолізу до заморожування, кількість АТФ, глікогену, значення рН, початкове мікробіологічне забруднення тощо.

У разі заморожування білки м'яса втрачають гідрофільність, руйнуються вищі рівні їх структурної організації (четвертинна, третинна і вторинна), зникають сольватні оболонки, проходить агрегація молекул (причина появи гранул у м'язових волокнах), інактивуються окремі ферменти та функціональні білкові групи.

Глибина таких змін залежить від низки факторів і, перш за все, від стадії, в якій знаходилось м'ясо після забою тварин, швидкості заморожування тощо.

М'ясо у стані посмертного залякання для заморожування непридатне. Після розморожування воно має погані смакові якості, тверду консистенцію, низьку засвоюваність. Рекомендується заморожувати м'ясо у стадії дозрівання, коли інтенсивно протікають хімічні реакції, що підвищують його якісні показники, роблять м'ясо смачним, ароматним, легкоперетравним у шлунково-кишковому тракті людини і тварин. М'ясо, заморожене до моменту посмертного залякання, за смаковими якостями мало відрізняється від м'яса, що заморожувалося у парному стані. При цьому воно більш сухе, після розморожування та за подальшої обробки втрачає багато м'ясного соку.

На якісних показниках м'яса негативно відбивається швидке його охолодження. При цьому виникає холодове скорочення м'язових волокон. За температури нижче +15 °C у м'язовому волокні перестає функціонувати кальцієвий насос, відповідно з концентраційним градієнтом іони Кальцію з цистерн саркоплазматичного ретикулуму виходять у саркоплазму. Сюди надходять й інші іони, особливо Калію. Активується АТФ-азна активність міозину, розщеплюється комплекс міозин–АТФ:

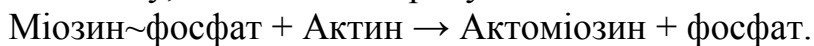


Міозин фосфорилується, що призводить до виникнення макроергічного зв'язку:

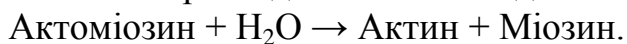




Фосфорильований міозин з'єднується з актином, що зумовлює утворення актоміозину, головного скорочувального білка м'язового волокна:



Енергія макроергічного зв'язку використовується для скорочення м'язового волокна, а актоміозин розпадається на складові компоненти:



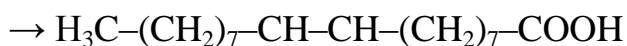
Для запобігання холодового скорочення перед охолодженням різними способами (наприклад, електростимуляцією) зменшуються запаси у м'язах АТФ або проводять двофазове охолодження туші.

За поступової холодової обробки м'яса температура в його товщі становить від 2 до 4 °С, що сприяє окремим ферментам завершити процес дозрівання м'яса через 8–15 діб зберігання. За більш тривалого зберігання відбувається гідролітичний розпад білків м'яса, розм'якшення й набрякання колагенових волокон.

За тривалого зберігання м'яса активуються клітинні ліпази, за дії яких гідролізуються нейтральні жири: Жирні кислоти, особливо ненасичені, окиснюються, що призводить до утворення сполук, які негативно впливають на якісну характеристику м'яса. Так, за окиснення ненасичених жирних кислот утворюються окисикислоти, багато з яких мають неприємний смак і запах:



Олеїнова кислота



Діоксистеаринова кислота

У разі омилення низькомолекулярних жирів утворюються леткі жирні кислоти (масляна, капронова, каприлова, капринова тощо), що також спричиняють неприємний запах м'яса.

За тривалого зберігання м'яса накопичуються й інші токсичні сполуки, що утворюються за розпаду білків (аміни, амідні кислот, феноли, аміак, пурин, піримідин та їх похідні) та ліпідів (альдегіди

, кетони, аміни, леткі жирні кислоти). Свинина менш стійка до цих процесів, ніж яловичина. М'ясо жирних туш легко псується під час зберігання. Псування м'яса найчастіше починається з жирових прошарків: починає жовтіти жирова тканина, потім прошарки жиру у сполучнотканинній стромі м'язів, виникає неприємний запах, з'являється гіркий смак, змінюється колір, м'ясо темніє. Через деякий час у м'ясі утворюється метміоглобін, руйнуються вітаміни (окрім вітаміну А), екстрактивні азотовмісні та безазотисті сполуки. За тривалого зберігання м'ясо стає непридатним для їжі.

**Розморожування м'яса** – це важливий етап в його подальшому використанні як продукту харчування. Хід біохімічних реакцій визначається станом, в якому воно заморожувалось, строками зберігання в замороженому вигляді і часом, який витрачено на розморожування. За розморожування м'яса активізуються процеси, що були в ньому до заморожування, проте їх швидкість поступово гальмується, спостерігається велика втрата маси за рахунок м'ясного соку. М'ясо стає в'ялим, жорстким, зі слабовираженим характерним для цього виду смаком і запахом. М'ясо, заморожене у парному стані, за розморожування виділяє менше м'ясного соку, дає меншу “усушку”, довше зберігається, має гідрофільні білки, містить більше екстрактивних речовин,

мінеральних сполук і вітамінів. На морфологію і хімічний склад м'яса шкідливо впливає повторне заморожування. У такому м'ясі за розморожування більше порушується структура всіх тканин, особливо м'язової. Воно містить велику кількість м'ясного соку, має менший вміст білків, відсутні глікоген і глюкоза, незначний вміст молочної кислоти та екстрактивних речовин. Білки втрачають ліофільність, мають зруйновану просторову структуру молекул. У такому м'ясі відсутні глікоген і глюкоза, незначний вміст молочної кислоти та екстрактивних речовин.

#### 4.ТЕПЛОВА ОБРОБКА М'ЯСОПРОДУКТІВ

Теплова обробка (60–180 °С) є одним із надійних методів консервування м'яса і м'ясопродуктів. При цьому м'ясо стає більш стійким до мікробного ураження, з'являються нові корисні смакові якості, консистенція стає твердішою, а поживні речовини краще засвоюються організмом.

Відповідно до поставленої мети для виробництва м'ясо- продуктів використовують різні способи теплової обробки.

Поверхнева теплова обробка включає ошпарювання, обпалювання та обсмажування. Нагрівання з метою досягнення певного ступеня готовності – це бланшування, варіння, запікання, смаження. З метою запобігання мікробіального псування продукту (консервація) застосовують пастеризацію та стерилізацію. Для виділення із сировини окремих складових частин проводять витоплювання жиру, виварювання желатину та клею тощо.

Після теплової обробки змінюються фізико-хімічні властивості білків. Нагрівання призводить до втрати білками четвертинної, третинної і вторинної структур. Білки денатурують, втрачають гідрофільність, зникають сольватні оболонки, різко знижується розчинність їх у воді. Денатурація білків м'яса починається вже за температури 30–35 °С. З усіх білків м'яса найбільше чутливим до підвищення температури є міозин – його молекули денатурують за температури 45 °С (табл.). За температури 60–65 °С змінюють структуру понад 90 % внутрішньоклітинних протеїнів, еластин зазнає денатурації за температури 125 °С.

##### Температура денатурації основних білків м'яса

Білок	Денатурація, °С	Білок	Денатурація, °С
Міозин	45–55	Глобулін Х	50–60
Актин	50–55	Міоглобін	60–70
Актоміозин	42–48	Колаген	55–65
Міоген	55–65	Еластин	125
Міоальбумін	45–47		

За теплової обробки колір м'яса змінюється від червоного до сіро-коричневого, що, перш за все, пов'язано з утворенням похідних міоглобіну .

За руйнування міоглобіну утворюється простий білок глобін та простетична група (гем). Надалі гем під впливом підвищеної температури перетворюється на коричневий пігмент гемохром, який адсорбується на молекулі глобіну. Частина молекул гемохрому окиснюється до пігменту гематину, у результаті чого двовалентне залізо ( $\text{Fe}^{2+}$ ) переходить у тривалентне ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Суміш гемохрому і гематину надає м'ясу сіро-коричневого забарвлення.

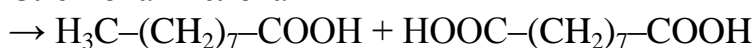
Збереження типового червоного кольору м'яса досягають обробкою його перед засолом невеликими, нешкідливими для здоров'я людини і тварин, дозами нітрату калію (калійною селітрою), а за взаємодії останнього з міоглобіном виникає нітрозоміоглобін який за нагрівання перетворюється на денатурований глобін і нітрозоміохромоген, що зумовлює збереження м'ясом червоного забарвлення.

Під час варіння м'яса змінюються фізико-хімічні властивості та фізичний стан основного білка сполучної тканини – колагену. За термічної обробки колаген гідролітично розщеплюється до проміжних продуктів розпаду – глютину і глютозу, що призводить до послаблення водневих зв'язків, розпушення сполучнотканинної стромы, зменшення жорсткості м'яса й підвищення його перетравлювання та засвоєння у тонкому відділі кишечника. Нагрівання м'яса до високих температур (понад 100 °C), особливо за стерилізації, призводить до погіршення окремих його показників, особливо перетравлювання білків. При цьому відбувається термічне дезамінування і декарбоксилювання деяких амінокислот, що сприяє утворенню аміаку, амінів, летких жирних кислот і кетокислот. На такі якісні зміни впливають вологість, час нагрівання, глибина дозрівання м'яса, реакція середовища, наявність у м'ясному бульйоні інших сполук. Наприклад, внесення у бульйон кухонної солі (хлориду натрію) сприяє набряканню сполучнотканинних волокон, швидкому проникненню води у строму та її розпушенню, що позитивно впливає на засвоєння поживних речовин організмом за перетравлювання харчового продукту.

Під час варіння м'яса руйнуються поверхневі клітинні мембрани ліпоцитів (жирових клітин), краплі жиру потрапляють у бульйон, утворюючи емульсію. За нагрівання м'яса вище 100 °C настає часткове гідролітичне розщеплення молекул нейтрального жиру з утворенням гліцеролу і високомолекулярних жирних кислот. Ненасичені жирні кислоти (олеїнова, лінолева, ліноленова) у таких умовах можуть окиснюватися з утворенням оксикислот та інших продуктів окиснення (альдегідокислот, кетокислот, альдегідів, кетонів). Ці кислоти здатні до гідролітичного розщеплення:



Олеїнова кислота



Пеларгонова кислота Азелаїнова кислота

Під час варіння м'яса і м'ясопродуктів звільняються леткі жирні кислоти, можлива полімеризація, прискорюється окиснювальне псування жирів за зберігання (особливо свинини). При цьому утворюється бульйон, що містить білки, жири, мінеральні речовини, азотовмісні та безазотисті екстрактивні речовини, вітаміни А та Е, а за короткочасної термообробки ще й вітаміни В<sub>1</sub>, С, D. Вміст цих сполук залежить від способів варіння. Коли м'ясо покласти варити у холодну воду, одержують концентрований бульйон і малоцінне за харчовими якостями м'ясо. Якщо м'ясо переносять у киплячу воду, відбувається швидка коагуляція білків поверхневого шару, виділення у бульйон екстрактивних сполук зменшиться, але одержують соковите і смачне м'ясо та малоконцентрований бульйон. Сухе нагрівання м'яса зумовлює розпад вітамінів та інших речовин, зокрема пептидів й амінокислот.

У формуванні запаху та смаку м'яса беруть участь сполуки різної хімічної природи. Важлива роль в цьому належить глютаміновій кислоті та її солям, вміст яких у м'ясі

навіть у незначних кількостях (0,03 %) надає продукту смак. Глутамінова кислота утворюється за нагрівання у слаболужному середовищі із глутаміну, що міститься у м'язовій тканині.

Суттєве значення у формуванні запаху та аромату має інозинова кислота, креатин, креатинін, меркаптани, що утворюються із сірковмісних амінокислот, леткі жирні кислоти та інші карбонільні сполуки. Внаслідок реакції меланоїдиноутворення (особливо під час смаження) синтезуються темно-коричневі продукти – меланоїдини.

Теплова обробка м'яса призводить до зменшення вмісту вітамінів, особливо водорозчинних, за рахунок їх хімічних змін. Так, залежно від умов обробки м'яса втрата вітаміну  $B_1$  складає 30–60 %,  $B_2$  та  $B_3$  – 15–30,  $B_5$  – 10–35,  $B_6$  – 30–60 %.

Зміна структурно-механічних властивостей м'ясопродуктів під час нагрівання залежить від температури і тривалості нагрівання, вмісту сполучної тканини, природної особливості, віку тварин, ступенів подрібненості, зневоднення та розвитку автолітичних процесів, величини рН, наявності солей тощо.

## **5. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЗМІНИ У М'ЯСІ ПІД ЧАС ЗАСОЛУ**

Засол – обробка м'яса і м'ясопродуктів сіллю (хлоридом натрію), часто у поєднанні зі спеціями, сахарозою, нітратами, фосфатами та витримка їх впродовж певного часу, достатнього для консервування й одержання заданих властивостей. У м'ясній промисловості засол використовується як один із найбільш поширених методів консервування м'яса, м'ясопродуктів і сировини (шкір, кишок тощо) у поєднанні з іншими способами консервування.

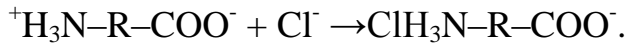
Існує декілька видів засолів: сухий, мокрий та змішаний. За сухого засолу м'ясо і м'ясопродукти обробляються засолювальною сухою сумішшю, за мокрого – розсолом (розчином хлориду натрію або консервуючої суміші), за змішаного – консервують одночасно сухим і мокрим способами.

За засолу компоненти консервуючої суміші, хімічною основою яких є, як правило, хлорид натрію, проникають у товщу м'яса, м'ясопродуктів та іншої сировини тваринного походження. Проникнення консервуючих речовин відбувається згідно із законами дифузії (Фіка) та осмосу (Вант-Гоффа). Консервуючі розчини (ними стають компоненти сухої засолювальної суміші, що розчинилася у м'ясному соці) проникають через канали біомембран клітин у товщу волокон сполучної стромы. Висолюються білки, після чого м'ясо стає стійким до дії бактеріальних ферментів, що можуть у нього потрапити. Швидкість проникнення у м'ясо консервантів залежить від концентрації солей і навколишньої температури. Чим більша різниця у концентрації солей у розсолі та тканинах м'яса, тим більша швидкість процесу консервування. Слід відзначити, що у м'язову тканину хлорид натрію проникає набагато швидше, ніж у мікроструктури сполучної тканини.

Засол спричинює ряд істотних змін у фізико-хімічних властивостях м'яса в цілому і його тканинах зокрема. Під час засолу консистенція м'яса стає більш твердою, змінюється колір, особливо після додавання з консервуючою сумішшю селітри, з'являється новий смак, частково змінюється запах.

За засолу збільшується гідратація та вихід білкових речовин у м'ясний сік. Білки сполучної тканини м'яса (еластин і колаген) у розсіл не переходять. За дії тканинних ферментів, що виділяють мікроорганізми, проходить гідролітичний розпад білків.

У засоленому м'ясі концентрація водневих іонів зрушується у кислий бік за рахунок підвищення вологосв'язувальної здатності білків. Причиною є взаємодія іонів хлору з амініними білковими функціональними групами:



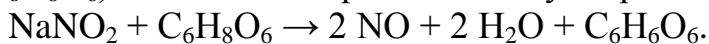
Повна фіксація іонів хлору у добре подрібненому м'ясі за звичайного засолу настає через 10–12 годин за температури 4 °С. За довготривалого засолу спостерігається набрякання колагенових волокон, чому сприяє проникнення в них молекул води. Воно досягає свого максимуму на 20-ту добу консервування.

За мокрого засолу у розсіл виходить близько половини азотистих і безазотистих екстрактивних речовин м'яса. З екстрактивних мінеральних речовин у розсіл дифундує найбільше Калію і фосфатів. Кількість вітаміну В<sub>1</sub> (тіаміну) у складі м'яса зменшується на 15–20 %, В<sub>с</sub> – на 35 %, втрати вітаміну В<sub>2</sub> незначні.

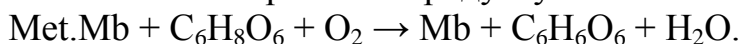
За зберігання м'яса і м'ясопродуктів, консервованих хлоридом натрію, відбуваються глибокі зміни у ліпідному складі продуктів. Перш за все, це стосується нейтральних жирів, що містяться у поверхневих шарах м'яса. Ненасичені тригліцероли (триолеїн, діолеостеарин тощо) й ненасичені високомолекулярні жирні кислоти, що утворились під час гідролізу жирів та завжди є у певних кількостях у них, взаємодіють з киснем повітря, утворюючи різноманітні продукти окиснення, зокрема оксижири, оксикислоти, пероксиди й інші сполуки, наявність яких у м'ясі негативно впливає на харчову цінність та органолептичні властивості продукту. Тканинна ліпаза, що розщеплює нейтральні жири м'яса, активується іонами Натрію із розсолу.

За соління м'ясо втрачає природне забарвлення й набуває коричнево-бурого кольору різних відтінків. Основними чинниками, що впливають на розвиток забарвлення, є вміст міоглобіну, наявність кисню, світла, температура середовища, тривалість витримки в розсолі, рН середовища, кількісний вміст кухонної солі та нітриту натрію, наявність денітрифікуючої мікрофлори, швидкість та кількість утворення оксиду нітрогену, міцність зв'язку між NO та Mb.

З метою запобігання виникненню небажаних змін забарвлення м'яса та м'ясопродуктів до розсолу додають нітрати (NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>) та нітриту (NaNO<sub>2</sub>). У результаті утворюється нітрато- міоглобін (NO-Mb), який надає солоним м'ясним продуктам рожево-червоного забарвлення. Для поліпшення забарвлення готових солоних продуктів застосовують антиокиснювачі, зокрема аскорбінову кислоту (вітамін С) та її натрієву сіль, що є сильним відновником. Аскорбінова кислота (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) відновлює нітрит до оксиду нітрогену (II):



Окрім того аскорбінова кислота прискорює відновлення метміоглобін (Met.Mb) у міоглобін (Mb), сприяючи утворенню нітратопігментів, і як наслідок, підвищення інтенсивності забарвлення продукту:



Для створення відновних умов з метою кращого забарвлення м'яса та повнішого використання NO застосовують цукри (0,3–0,5 %). Цукор підвищує осмотичний тиск розсолу, є основою для розвитку специфічної мікрофлори, сприяє набухання колагену м'яса, внаслідок чого продукт набуває ніжної консистенції.

Смак та аромат м'яса під час соління зумовлюють амінокислоти, що утворюються за дії протеолітичних ферментів (катепсинів), та екстрактивні речовини (пурин, креатин), що звільняються під час автолізу. За соління шинки утворюється ацетоїн (під час ферментації цукрів) та діацетил (за окиснення ацетоїну).

## 5. БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ У М'ЯСІ ПІД ЧАС КОПТІННЯ ТА СУШІННЯ

**Копчення** – процес обробки харчових продуктів димом, що утворюється за неповного згорання деревини. Нині застосовують копчення холодне (18–22 °C), гаряче (60–100 °C), мокре, бездимне, електрокопчення тощо.

Коптильний дим є аерозолем (суміш найдрібніших твердих і рідких частинок, завислих у газовому середовищі). У ньому є гази:  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ , а також органічні сполуки, що за певної температури перебувають у стані пари. До складу коптильного диму входить понад 200 хімічних сполук різних класів речовин, зокрема низькомолекулярні жирні кислоти: мурашина ( $HCOOH$ ), ацетатна ( $CH_3COOH$ ), пропіонова ( $C_2H_5COOH$ ), масляна ( $C_3H_7COOH$ ), валеріанова ( $C_4H_9COOH$ ), капронова ( $C_5H_{11}COOH$ ); кетокاربоніві кислоти:  $\alpha$ -кетоглутарова ( $HOOC-CH_2-CH_2-CO-COOH$ ), левулінова ( $HOOC-CH_2-CH_2-CO-CH_3$ ); двоосновні кислоти: маленова ( $HOOC-CH_2-COOH$ ), бурштинова ( $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$ ), фумарова ( $HOOC-CH=CH-COOH$ ); ароматичні кислоти: ванілінова та бузкова.

У димі наявні альдегіди: аліфатичні (мурашиний, ацетатний, пропіоновий), ароматичні (бензальдегід, бузковий альдегід) та гетероциклічні (фурфурол, метилфурфурол).

Дим містить кетони, зокрема, ацетон ( $CH_3-CO-CH_3$ ) та метилпропілкетон ( $CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$ ), а також спирти ( $CH_3OH - C_5H_{11}OH$ ).

Запах диму надають одноатомні (фенол, крезол), двоатомні (пірокатехін, гідрохінон, гваякол) та триатомні феноли (пірогалол, флороглюцин).

До складу диму входять аміни: метиламін ( $CH_3NH_2$ ), етиламін ( $C_2H_5NH_2$ ), бутиламін ( $C_4H_9NH_2$ ), а також етери, естери, смолянисті речовини (фенолформальдегідні смоли) та арени (бензен, толуен, фенатрен тощо). Співвідношення перерахованих сполук може змінюватися залежно від виду деревини та режиму згорання.

Якість готових виробів залежить від швидкості осадження і глибини проникнення часточок диму. При цьому змінюються складові частини продукту за рахунок складних взаємозв'язаних хімічних, фізико-хімічних та біохімічних процесів, що впливають на консистенцію, органолептичні властивості та стійкість під час зберігання. Копчений продукт значно зневоднюється (на 7–20 %) за рахунок випаровування вологи. За гарячого копчення проходить часткова теплова денатурація білків і від'єднання функціональних груп ( $-SH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ ,  $-OH$  тощо), які взаємодіють з леткими речовинами диму, що спричинює незворотну дегідратацію, коагуляцію частини білків саркоплазми та міофібрил, у зв'язку з чим продукт краще ущільнюється. Частина білкових молекул “зшивається” у більші частинки через різні хімічні “містки”. Так, формальдегід, реагуючи з аміногрупами пептидних ланцюгів, утворює між ними “метиленові містки” ( $R_1-NH-CH_2-NH-R_2$ ).

Аналогічно діють інші альдегіди і кетони. Дію дублення виконують феноли, які проявляють поліфункціональні властивості. Істотно зазнає денатурації колаген, що входить до м'ясних продуктів. Колагенові волокна при цьому зварюються і частково

гідролізуються, розриваються водневі зв'язки та активізуються звільнені функціональні групи.

Під час гарячого копчення (до 40–50 °C) активізуються автолітичні процеси, що каталізуються мікробіальними ензимами. При цьому відбувається гідролітичний розпад білків (протеоліз), ліпідів (ліполіз), а також ряд інших ферментативних процесів, які були пригнічені під час соління.

Тривале холодне копчення супроводжується глибшою ферментацією, відбувається гомогенізація тканин, консистенція м'яса стає м'якою та ніжною.

Компоненти диму мають різні відтінки запаху, що створює специфічний “букет” смаку та запаху копченого продукту. Під час копчення різні продукти (свинина, яловичина, риба) набувають смаку та аромату, властивих кожному із них. Наслідком копчення є забарвлення поверхні виробу у коричневі відтінки. Хімізм утворення кольору зумовлений осадженням на поверхні продукту фарбуючих компонентів, основними з яких є смоли, вуглеводні та фенольні фракції.

Стійкість копчених продуктів до дії мікроорганізмів пов'язана із бактерицидною дією копильних речовин (формальдегіду, фенолу тощо). Феноли також проявляють антиокиснювальну дію, що гальмує процес псування жирів.

Основною вимогою до копильних речовин є їх безпечність і нешкідливість для організму людини та відсутність пригнічувальної дії на ферменти травлення. Окремі компоненти диму (органічні кислоти, карбонільні сполуки) у тих кількостях, в яких вони накопичуються у копчених продуктах, нешкідливі для організму людини. Водночас накопичення формальдегіду є небажаним, оскільки він впливає на білкову структуру травних ферментів, знижуючи їх активність. Певною токсичною дією характеризуються феноли, які здатні знешкоджуватися у печінці та виводитися з організму у вигляді парних сполук із сульфатною та глюкуроною кислотами. У разі неправильного процесу копчення у димі може бути наявним 3,4-бензопірен, який має канцерогенну дію. Продукти, що підлягають копченню, необхідно захищати покриттям (ковбасні оболонки, шкіра) з тим, щоб леткі речовини диму адсорбувалися на оболонці, а не на продукті.

Одним із напрямів удосконалення технології копчення є використання копильних препаратів – спеціальної фракції ароматичних компонентів, які застосовують для одержання аромату копчення.

**Сушіння** – процес видалення вільної вологи без руйнування клітинної мембрани та без змін енергетичної цінності продукту за певних параметрів повітря. На сушіння направляють ковбаси (напівкопчені, варено-копчені та сирокіпчені) та копченості. Сушіння є одним із способів консервації. Висушені продукти мають значно меншу масу і містять ту саму кількість поживних речовин. Проте у процесі сушіння разом з вологою видаляються леткі ароматичні та смакові речовини, можлива хімічна взаємодія частини продукту з киснем повітря, зміни за дії підвищеної температури.

Обмін речовин у живих організмах відбувається у водному середовищі. Нестача води уповільнює чи майже припиняє розвиток мікроорганізмів. Мінімальний вміст вологи у білкових продуктах, за якого можливий розвиток бактерій, становить 25–30 %, проте плісняві гриби здатні розмножуватися за вмісту вологи близько

15 %. Сушіння не можна використовувати для стерилізації та знешкодження харчових продуктів, які уражені патогенною мікрофлорою.

У м'ясній промисловості застосовують сушильні камери, які оснащені кондиціонерами для підтримки необхідних параметрів температури (12 °C) та відносної вологості (75 %). За сушіння сирих продуктів відбуваються процеси, що активуються тканинними ферментами (дозрівання) і мікрофлори, та структурування. Процес сушіння відбувається у декілька етапів: 1 – пароутворення на поверхні та всередині продукту; 2 – перенесення водяної пари у зовнішнє середовище через межуючий шар; 3 – перенесення вологи від центру до поверхні. Ці явища відбуваються за рахунок різниці парціального тиску водяної пари на поверхні продукту та у навколишньому середовищі. При цьому разом із вологою переносяться водорозчинні речовини.

За сушіння сирих продуктів продовжується розпочате раніше (соління, холодне копчення) руйнування клітинних структур м'яса за рахунок ферментативного гідролізу білків (за дії тканинних і мікробіальних ензимів). Близько 15 % білків розщеплюються до поліпептидів та низькомолекулярних азотовмісних сполук. Ці зміни зумовлюють підвищення гомогенності фаршу та формування характерної однорідної структури. Поряд з цим проходить протилежно направлений процес вторинного структурування за рахунок агрегації білків на фоні зниження рН фаршу (діяльність молочнокислих бактерій) та його зневоднення. Вторинне структурування зумовлює зниження ступеня перетравленості білків травними ферментами.

Специфічний смак і аромат сиров'ячених ковбас пояснюється, головним чином, наявністю карбонільних ( $R_1-CO-R_2$ ) й сульфуромісних ( $R-SH$ ) сполук, органічних кислот ( $R-COOH$ ), спиртів ( $R-OH$ ), етерів ( $R_1-O-R_2$ ) та естерів ( $R_1-CO-O-R_2$ ). Певну роль відіграє молочна кислота ( $CH_3-CH(OH)-COOH$ ) як продукт ферментативного перетворення вуглеводів, а також пептиди, вільні амінокислоти та продукти гідролізу жиру.

Забарвлення сиров'ячених і сиров'ялених ковбас визначається наявністю незруйнованих пігментів м'яса, зокрема нітросо- пігментів. Мікрококи фаршу здатні відновлювати нітроти, що інтенсифікують реакції кольороутворення.

У процесі тривалого сушіння продовжується селективний розвиток мікроорганізмів, що у поєднанні з іншими компонентами забезпечує підвищену стійкість продукту до мікробіального псування. В умовах поступового зневоднення фаршу збільшується концентрація солі, знижується величини рН та суттєво змінюється кількісно-видовий склад мікрофлори. При цьому підвищується активність мікроорганізмів, які беруть участь у ферментативному гідролізі білків і ліпідів з утворенням смакоароматичних сполук.

## ЛЕКЦІЯ 7

### Біохімія харчових жирів, ковбасних виробів та м'ясних консервів.

#### План

1. Біохімія харчових тваринних жирів
2. Класифікація, хімічний склад та технологічні особливості виробництва ковбасних виробів
3. Біохімічний склад та технологічні властивості м'ясних консервів



## ЛІТЕРАТУРА

1. Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. Біохімія м'яса та м'ясопродуктів: Навч. посібник. Біла Церква, 2014. –192 с.
2. Власенко В.В., Славов В.П., Шубенко О.І. Біохімія м'яса: Навчальний посібник. Житомир. 2013.
3. Янчева М. О., Пешук Л. В., Дроменко О. Б. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: Навч. пос. К.: Центр учбової літератури, 2009. 304 с.

### 1. Біохімія харчових тваринних жирів

Тваринні жири поділяють на дві групи: жири наземних тварин та жири морських тварин і риб.

До складу жирів наземних тварин входять тригліцериди насичених жирних кислот (40-60% від загального вмісту жирних кислот), ненасичених кислот, а також (найчастіше) поліненасичена олеїнова кислота.

Жирнокислотний склад жирів морських тварин і риб є іншим – у ньому цілком переважають поліненасичені жирні кислоти (до 70-80%), які є важливими біологічно-активними речовинами.

**Тваринні топлені жири.** До групи "жирів тваринних топлених" належать жири наземних тварин.

Найбільш широко використовують яловичий, свинячий, баранячий жири.

Сировиною для виробництва тваринних топлених жирів є жирова тканина (жир-сирець) та кістки великої рогатої худоби, свиней, овець, сільськогосподарської птиці. Якість жиру-сирцю залежить від вгодованості та віку тварини. Вихід жиру-сирцю коливається у межах 0,4-7% живої маси тварини.

Жир-сирець поділяють на дві групи:

- I група – підшкірний, навколонишковий, навколосерцевий, обрізки свіжого сала тощо (з цієї групи витоплюється більше жиру в/с);
- II група – жир шлунку, кишковий, жирові обрізки тощо.

Витоплення здійснюється на спеціальному обладнанні мокрим і сухим способами. *Мокрий спосіб* – сировина постійно контактує з водою або парою, внаслідок чого утворюються жир топлений, бульйон, шквара. Під час *сухого способу витоплювання* сировина контактує з нагрітою поверхнею апарату, внаслідок чого утворюються жир і шквара. Для одержання жиру з кісток, сировину сортують, промивають, подрібнюють і витоплюють з неї жир під впливом пари, тиску, струму високої частоти і т.п.

Одержані тваринні топлені жири відокремлюють від шквари, бульйону, вільних жирних кислот та ін. домішок відстоюванням, фільтруванням, сепаруванням, нейтралізацією. Деколи для збереження харчової цінності жирів і підвищення стійкості до зберігання, їх обробляють антиокислювачами.

На якість готового жиру впливає температура його витоплювання. Так, жири вищого сорту отримують за температури 65-70°C. Друга фаза витоплювання за температури 75-95°C дає жир I сорту. Залишковий жир зі шквари витоплюють в автоклавах за температури майже 120°C та тиску 0,20- 0,22 МПа. Так отримують жири низької якості: збірний або технічний.

За біологічною цінністю тваринні топлені жири поступаються оліям. Це зумовлено меншим вмістом: поліненасичених жирних кислот; вітаміну Е; вітаміну А; відсутністю фосфоліпідів (лецитин); меншою засвоюваністю (73-65%, проти 95-98%-ної засвоюваності олій).

Серед тваринних топлених жирів найвищу біологічну цінність має свинячий жир, оскільки він містить більше незамінної лінолевої кислоти, вітаміну Е, має найнижчу температуру плавлення й засвоюється на 96%.

**Свинячий жир** – єдиний з усіх тваринних жирів є наближеним до "ідеальної формули жирів", збалансованість жирнокислотного складу у якій складає 70%:30% ненасичених та насичених кислот, відповідно. Найгірше засвоюється яловичий (84%) та баранячий (73%) жири. Температура плавлення яловичого жиру – 40-51°C, баранячого – 44-45°C.

Нестача або надлишок жирів є практично однаково небезпечними для організму людини. За низького вмісту жиру в раціоні, особливо у людей з порушеним обміном речовин, спочатку з'являється сухість і гнійничкові захворювання шкіри, потім настає випадання волосся і порушення травлення, знижується опірність організму до інфекцій, порушується обмін вітамінів.

Тривале обмеження жирів у харчуванні або систематичне використання жирів зі зниженим вмістом необхідних компонентів, в тому числі і вершкового масла призводить до відхилень у фізіологічному стані організму: порушується діяльність нервової системи, знижується стійкість організму до інфекцій, скорочується тривалість життя.

Але і надмірне споживання жирів є небажаним, воно призводить до ожиріння, серцево-судинним захворюванням, передчасного старіння, атеросклерозу, розвитку жовчнокам'яної хвороби, виникненню злоякісних новоутворень у молочних, статевих залозах, прямій кишці тощо.

Так, за надмірного споживання жирів відбувається їх накопичення в крові, печінці і інших тканинах і органах. Кров стає в'язкою, підвищується її здатність до зсідання, що призводить до закупорки кровоносних судин, виникає атеросклероз. Надлишок жиру призводить також до ожиріння.

Незалежно від технологічних режимів переробки і зберігання, а також виду жиру в них проходять однотипні зміни, що зводяться до гідролізу і окиснення. Ці процеси відбуваються за схемою, представленою на рисунку 1.

Переважаання в жирі гідролітичного або окиснювального процесу залежить від температури, наявності кисню, світла, води, тривалості нагрівання, присутності речовин, що прискорюють або уповільнюють ці процеси. Тому основні способи теплової обробки жировмісних продуктів і жирів (варіння, смаження) розрізняються за ступенем і характером дії на жир. Під час варіння переважають гідролітичні процеси, а в процесі смаження – окиснювальні. У будь-якому випадку якість жиру оцінюють за кислотним, пероксидним, ацетиловим числами, вмістом альдегідів, кетонів та інших сполук.



Рисунок 1 – Схема перетворення жирів

### Гідролітичне розщеплення жирів

Гідролітичне розщеплення жирів відбувається за обов'язкової участі води і може бути як ферментативним, так і неферментативним. У тканинних жирах, жирі-сирці (внутрішній жир), жирі м'яса, жирі сиркопчених продуктів і т.п. під впливом тканинних ліпаз спостерігається гідроліз ацилгліцеринів, що супроводжується накопиченням жирних кислот і, як наслідок, підвищенням кислотного числа. Швидкість і глибина гідролізу жиру залежать від температури: процес ферментативного каталізу значно прискорюється за температури вище 20°C; зниження температури уповільнює процес гідролізу.

За несприятливих умов (волога, підвищена температура) може статися гідролітичне псування жирів, спричинене не лише дією ферментів, але і інших чинників: кислот, лугів, оксидів металів й інших неорганічних катализаторів, а також ферментів мікроорганізмів.

У топлених жирах автолітичного (ферментативного) розщеплення жирів не спостерігається, оскільки в процесі витоплення за температури близько 60°C ліпаза, що міститься в жировій тканині, інактивується. Гідролітичне псування топленого жиру відбувається за наявності вологи, в результаті обсіменіння мікрофлорою, неповній денатурації білків під час витоплення жиру з жирової тканини або під впливом катализаторів.

### Окислювальні процеси в жирах

Розрізняють автоокиснення і термічне окиснення жирів. Автоокиснення жирів проходить за низьких температур у присутності газоподібного кисню. Термічне окиснення відбувається за температури 140-200°C. Між термічним і автоокисненням є багато спільного, проте склад продуктів, що утворюються, дещо відрізняється.

Продукти, що утворюються за автоокиснення і термоокиснення поділяються на три групи:

- 1) продукти окиснювальної деструкції жирних кислот, в результаті якої утворюються речовини з укороченим ланцюгом;
- 2) продукти ізомеризації, а також окиснені ацилгліцерини, які містять ту ж кількість вуглецевих атомів, що і початкові ацилгліцерини, але відрізняються від останніх наявністю у вуглеводневих частинах молекул жирних кислот нових функціональних груп, що містять Оксиген.
- 3) продукти окиснення, що містять полімеризовані або конденсовані жирні кислоти, в яких можуть знаходитися і нові функціональні групи, що мають у своєму складі Оксиген.

Крім того, продукти окиснення поділяють на термостійкі і нетермостійкі.

Жири і олії, особливо ті, що містять радикали ненасичених жирних кислот, окиснюються киснем повітря. Першими продуктами окиснення є різноманітні за будовою гідропероксиди. Вони отримали назву первинних продуктів окиснення.

Переважає окиснюється група  $-\text{CH}_2-$ , яка з'єднана з подвійним зв'язком ( $\alpha$ -положення), а з найбільшою швидкістю – розташовані між двома подвійними зв'язками.

За глибокого окиснення жирів можливе утворення циклічних пероксидів та епоксидних сполук.

Вміст пероксидних сполук в жирі оцінюють за величиною пероксидного числа. Це досить чутливий показник, і за його значенням роблять висновок про початок і глибину окиснення жиру. У свіжому жирі пероксидів немає. На початкових стадіях окиснення впродовж деякого часу хімічні і органолептичні показники жиру майже не змінюються. Цей період, що має різну тривалість, називається індукційним. Після індукційного періоду жир починає псуватися. Виявити це можна за збільшенням пероксидного числа і зміною органолептичних властивостей жиру.

Наявність індукційного періоду пояснюється тим, що на початку процесу молекул з підвищеною кінетичною енергією (збуджених або вільних радикалів) дуже мало. Зумовлено це також вмістом в жирі природних антиокисників: каротиноїдів, токоферолів, лецитинів, які активніше взаємодіють з вільними радикалами і з киснем повітря і тим самим перешкоджають окисненню жирів. Тривалість індукційного періоду залежить від концентрації антиокисників, природи жиру і умов переробки і зберігання. Тваринні жири, у складі яких менше ненасичених жирних кислот, є стійкішими, ніж рослинні.

Процес автоокиснення жирів значно прискорюється за наявності вологи, світла і каталізаторів. Такими каталізаторами можуть бути легкоокиснювальні метали (оксиди або солі Феруму, Купруму, Плюмбуму, Стануму), а також

органічні сполуки, що містять Ферум, білки, гемоглобін, цитохроми й інші.

Каталітична дія металів пов'язана з їх здатністю легко приєднувати або віддавати електрони, що призводить до утворення вільних радикалів з гідропероксидів жирних кислот. Активними каталізаторами є ферменти, головним чином ферменти мікроорганізмів. Тому забруднення жирів, особливо бактеріальне обсіменіння, прискорює процес окислення жирів.

Пероксиди і гідропероксиди є нестійкими сполуками тому відбувається їх розпад з утворенням вільних радикалів.

В результаті їх подальших складних перетворень утворюються вторинні продукти окиснення: окси- і епоксисполуки, спирти, альдегіди, кетони, кислоти та їх похідні з вуглеводневим ланцюгом різної довжини. Утворення вторинних продуктів окиснення може супроводжуватись розривом вуглеводневого радикалу.

Під час окиснення жирів виявлений ряд альдегідів, що є продуктами розпаду ланцюга жирних кислот: ноніловий, азолаїновий, гептиловий, малоновий. Подальше перетворення низькомолекулярних альдегідів призводить до появи низькомолекулярних спиртів, жирних кислот і до нового розгалуження окислювального ланцюга.

Кетони, як і альдегіди, утворюються окислювальним шляхом в результаті подальших перетворень пероксидів, наприклад, в результаті їх дегідратації.

Великий вплив на швидкість окиснення мають антиокисники (інгібітори) – речовини, додавання яких призводить до обриву ланцюга окиснення. Активні радикали, які ініціюють процес окиснення, утворюють стабільні радикали, які не приймають участі в цьому процесі:

Серед антиоксидантів найбільше значення мають сполуки фенольної природи: іонол, пропілгалати. Із природних антиокисників найбільше значення належить токоферолам, сезамолу (кунжутне масло), госиполу (бавовняна олія).

В результаті введення антиоксидантів в кількості 0,01% стійкість жирів до окиснення зростає в 10-15 раз.

Активність і тривалість дії антиоксидантів зростає за присутності синергістів (от грец. synergo's – той, що діє разом). Дія синергістів може бути зумовлена рядом причин, головна з них – здатність дезактивовувати іони металів змінної валентності (Pb, Cu, Co, Mn, Fe і т. д.), які відіграють роль каталізаторів окиснення. Застосування в якості комплексонів знайшли лимона і аскорбінова кислоти. Синергістами є фосфоліпіди.

Швидкість окиснення жирів зменшується за пониження вмісту кисню в навколишньому середовищі. На цьому заснований спосіб зберігання олій і жирів в середовищі зі зниженим вмістом кисню (наприклад, в середовищі з підвищеним вмістом азоту). Окиснення жирів прискорюється з підвищенням температури зберігання і під впливом світлової енергії. Іони перехідних металів – Феруму, Купруму, Мангану та інших – можуть бути як каталізаторами, так й інгібіторами процесу автоокиснення жирів

### **Псування жирів: згіркнення та осалювання**

За окиснення жирів втрачається природне забарвлення; специфічний смак і запах продукту; з'являється сторонній, іноді неприємний присмак, аромат; втрачається біологічна цінність.

Первинні продукти окислення – пероксиди – органолептично не можна виявити, проте, за їх вмістом можна зробити висновок про глибину псування жиру, придатність його для тривалого зберігання і споживання.

Вторинні продукти окислення погіршують органолептичні показники жиру. Розрізняють два основні види псування жиру – згіркнення і осалювання.

Згіркнення відбувається в результаті накопичення в жирах низькомолекулярних продуктів: альдегідів, кетонів, низькомолекулярних жирних кислот. В цьому випадку

жир набуває згірклого смаку і різкого, неприємного запаху. Згіркнення жирів може відбуватися внаслідок хімічних і біохімічних процесів.

В процесі *хімічного згіркнення*, що відбувається в жирах під дією кисню повітря, накопичуються вільні жирні кислоти, іноді низькомолекулярні, не властиві цьому жиру, збільшується пероксидне число, утворюються леткі карбонільні сполуки (альдегіди і кетони). Саме ці сполуки надають запах згірклості жиру.

В процесі *біохімічного згіркнення*, що відбувається за участі ферментів плісняви, утворюються кетокислоти і метилалкілкетони в результаті  $\square$ - окиснення вільних жирних кислот, що утворюються під час гідролізу під впливом ліпаз. В результаті чого з кислот утворюється кетон, що містить на один атом вуглецю менше, ніж в початковій кислоті: з капронової – метилпропілкетон, капринової – метилгептилкетон, лауринової – метилнонілкетон і т.д. Кетонне згіркнення іноді називають "духмяним згіркненням" у зв'язку зі своєрідним запахом продуктів окиснювального псування.

*Осальювання жирів* супроводжується зникненням забарвлення, ущільненням жиру і появою сальної консистенції в результаті окислювальних змін жиру. Під час осальювання утворюється значна кількість окисполук в результаті розпаду на світлі первинних органічних пероксидів і появи вільних радикалів  $\square$  OH і  $\text{HO}\square$  за фотохімічної дії на жир. Радикали, що виникають взаємодіють з молекулами жирних кислот з утворенням окисикислот. Кількість їх визначають за ацетиловим числом, яке зростає зі збільшенням кількості оксигруп.

Окисикислоти, що утворилися, залучаються до процесу полімеризації, внаслідок чого утворюються високомолекулярні сполуки і жир набуває характерної сальної мазеподібної консистенції. Жир, що засалився, характеризується також специфічним неприємним запахом і смаком.

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

Найбільш інтенсивно окиснювальне псування відбувається за тривалого нагрівання жирів за високих температур  $180^{\circ}\text{C} \dots 300^{\circ}\text{C}$ . Таке нагрівання супроводжується зниженням вмісту ненасичених жирних кислот і накопиченням пероксидів, карбонільних сполук, летких кислот і продуктів сополімеризації.

### **Термічне розкладання жирів**

За температури понад  $200^{\circ}\text{C}$  може статися термічне розкладання жиру з виділенням диму (піроліз). Температура, за якої починається виділення диму, називається температурою (або точкою) димоутворення, або піролізу. На величину цієї температури впливає природа жиру, вміст вільних жирних кислот, матеріал і розмір посуду, наявність металів й інші чинники. Наприклад, збільшення у свинячому жирі вмісту вільних жирних кислот з 0,02 до 0,81% зменшує температуру піролізу з 221 до  $150^{\circ}\text{C}$ . Залізо і мідь каталізують піроліз жиру.

Продукти піролізу погіршують колір жиру під час смаження харчових продуктів. Потемніння жиру відбувається за рахунок забруднення його речовинами пірогенетичного розпаду, дрібних частинок, що утворюються в процесі обуглювання,

реакцій меланоїдиноутворення і карамелізації, а також накопичення темнозabarвлених продуктів окислення самого жиру.

Зміна запаху жиру за тривалого смаження продуктів викликана утворенням акролеїну. Карбонільні сполуки, що утворюються під час смаження, містять 3, 5, 7 атомів вуглецю, погіршують запах і смак жиру, а ті, що містять 4, 6, 10, 12 атомів вуглецю надають жиру приємний запах смаженого.

## **2.Класифікація, хімічний склад та технологічні особливості виробництва ковбасних виробів**

**Ковбасні вироби** - це продукти з м'ясного фаршу з сіллю і спеціями, в оболонці або без неї, піддані термічній обробці або ферментації до готовності до споживання.

Ковбасні вироби класифікують за такими ознаками:

- за видом сировини: на м'ясні, кров'яні, субпродуктові, комбіновані;
- за видом м'яса: яловичі, свинячі, баранячі, кінські, з м'яса інших тварин, птиці, кроликів, а також з суміші двох, трьох і більше видів основної сировини;
- за особливостями технології: варені ковбасні вироби (варені ковбаси, сосиски і сардельки, фаршировані, ліверні, сальтисони, холодці), запечені (м'ясні хліби, паштети), напівкопчені, варено-копчені, сирокочені, сиров'ялені;
- за якістю сировини: вищий, перший, другий і третій сорт;
- за видами оболонки: в оболонках природних, штучних і без оболонки (м'ясні хліби);
- за рисунком на розрізі: з однорідною структурою фаршу і з включенням шматків сала, язика, грубо подрібнених м'язової і жирової тканини;
- за призначенням: вироби для загального споживання і для дитячого та дієтичного харчування;
- за способом випуску в реалізацію: звичайні, порційні і сервірувального нарізання.

Сировина та підготовка сировини для виробництва ковбас. Сировина має вирішальне значення у формуванні споживчих властивостей і асортименту ковбасних виробів.

Основну частку в ковбасному виробництві займає яловичина та свинина. **Яловичина** слугує зв'язувальною основою ковбасного фаршу, підсилює забарвлення ковбас, її азотисті екстрактивні речовини поліпшують смак виробів. М'язова тканина яловичини має високу волого поглинальну і вологоутримувальну здатність і, відповідно, забезпечує щільну і соковиту консистенцію ковбас.

**Свинина** поліпшує органолептичні властивості ковбас. Жирова тканина свинини в помірній кількості поліпшує соковитість і ніжність продуктів.

Молочні продукти (молоко питне, сухе, масло вершкове, вершки, сир, білкові концентрати та ін.) підвищують поживні властивості і засвоюваність ковбас.

Яєчні продукти використовують для деяких видів ковбас для підвищення їхніх споживчих властивостей і збільшення зв'язуваності фаршу.

Матеріали для соління містять сіль, нітрит натрію, цукор та ін.

Ковбасні оболонки забезпечують певну форму, стійкість щодо дії мікроорганізмів, до забруднення, втрат вологи, впливу кисню повітря. Використовують природні

(кишки, сечовий міхур, стравохід, шлунок) і штучні оболонки (целофанові, віскозні, білкові), а також синтетичні.

До підготовки сировини для виробництва ковбас належать обвалювання, жилювання, сортування, попереднє подрібнення і соління м'яса.

Обвалювання передбачає відділення м'яса від кісток.

Жилювання - це відділення від м'язової тканини сухожиль, жиру і кровоносних судин.

Сортування мяса здійснюють залежно від вмісту в ньому сполучної і жирової тканини. За цією ознакою яловичину ділять на вищий, перший і другий сорти.

Свинину залежно від вмісту жиру ділять на нежирну, напівжирну, і жирну.

Попереднє подрібнення і соління прискорює процес дозрівання мяса внаслідок повнішого контакту білків із сіллю.

Технологічні операції по виготовленню ковбасних виробів мають свої особливості для більшості груп і видів ковбасних виробів.

Формування споживних властивостей і асортименту варених ковбас здійснюють за рахунок підбирання набору відповідної сировини і дотримання технологічних схем виробництва.

Варені ковбаси випускають вищого, 1-го, 2-го і 3-го сортів.

Ковбаси вищого сорту випускають як з однорідною структурою фаршу (Лікарська, Яловича, Діабетична), так і зі шматочками сала (Любительська, Столична, Естонська).

Ковбаси 1-го сорту виробляють різноманітного асортименту. Основою для них є яловичина 1-го сорту і для більшості видів використовують часник (Молочна, Окрема, Шинково-рублена).

Ковбаси 2-го сорту готують на основі яловичини 2-го сорту, з меншою часткою свинини і сала (Чайна, Сільська, Приморська).

Ковбаси 3-го сорту представлені двома видами: Субпродуктова і Поліська. В їхніх рецептурах використовують м'ясо свинячих і яловичих голів, субпродукти, жилки, крохмаль.

Сосиски і сардельки відрізняються від варених ковбас меншим діаметром, однорідним тонкоподрібненим фаршем, ніжністю і соковитістю. Випускають вироби вищого сорту і 1-го сорту, у т.ч. (сосиски вищого сорту - Вершкові, Дитячі, Особливі), (сосиски першого сорту - Любительські, Молочні, Яловичі), (сардельки вищого сорту - Свинячі, Дієтичні), (сардельки 1-го сорту - Яловичі, Київські).

Фаршировані ковбаси готують за відповідною схемою. Вони мають характерний малюнок на розрізі. До їхньої рецептури входить високоякісна сировина і вони бувають тільки вищого сорту.

Кров'яні ковбаси містять велику частку крові, а також субпродукти, та інші види сировини. Виробляють їх вищого, 1-го, 2-го і 3-го сортів.

Ліверні ковбаси - це вироби з фаршу, отриманого в основному з попередньо зварених мяса і субпродуктів. Фарш має мазеподібну консистенцію, жовтувато-сірий колір, не містить нітриту натрію. Асортимент представлений виробами вищого, 1-го і 3-сортів.

Сальтисони - це вироби в оболонці або без неї, виготовлені з подрібненої, переважно вареної сировини, багатої колагеном. У деяких сальтисонів до рецептури входить кров. Асортимент представлений виробами вищого, 1-го і 3-сортів.



Запечені ковбасні вироби. М'ясні хліби мають смак вареної ковбаси, з особливим присмаком, зумовленим запіканням. Їх запікають у спеціальних ротаційних печах у формах. Асортимент м'ясних хлібів багатьох видів формується з використанням фаршу відповідних ковбас: Любительський, Окремий, Чайний.

Паштети - вироби мазеподібної консистенції і за способом приготування подібні до ліверних ковбас. Важливі показники для паштетів - ступінь подрібнення, рівномірність розподілу рецептурних компонентів і якість термічної обробки.

**Напівкопчені ковбаси** мають специфічний запах копчення і прянощів, приємний, трохи гострий і солонуватий смак. На відміну від варених напівкопчені ковбаси містять менше води, більше жиру і білків, тому їм властиві підвищена енергетична цінність і стійкість до транспортування і зберігання. Обсмажують напівкопчені ковбаси за температури трохи нижчої, ніж для варених. Зварену ковбасу охолоджують впродовж 2-3 год за температури не вище 20°C, а потім відправляють на коптіння гарячим димом за температури 35 - 50°C впродовж 12 -24 годин.

До вищого сорту належать ковбаси: Полтавська, Кіровоградська, Дрогобицька, Львівська, Мисливські ковбаски.

До 1-го сорту: Українська, Одеська, Черкаська, Буковинська.

Напівкопчені ковбаси 2-го сорту: Польська, Шахтарська, Чернігівська міська, Славутицька.

Напівкопчені ковбаси формують у різні оболонки прямими батонами або у вигляді кілець.

**Сирокопчені ковбаси** відрізняються від інших щільною консистенцією, гострим запахом, приємним солонуватим смаком. Батони мають виражену зморшкуватість з виступом сала або грудинки.

За хімічним складом ця продукція характеризується великим вмістом білків (21 - 28%), підвищеним жирів (42 - 48%) і не великим води (25 - 30%). Тому сирокопчені ковбаси найбільш стійкі і можуть зберігатися до 9- 12місяців.

Виробництво сирокопчених ковбас має деякі особливості. Соління яловичини і свинини в шматках масою близько 500г здійснюють 5 днів за температури 2 - 4°C, що забезпечує часткове зневоднення і дозрівання м'яса. Готовий фарш набивають у оболонки якомога щільніше. Після осаджування (7-10 діб) батони піддають холодному коптінню за температури диму 18 - 22°C впродовж 2-3 діб і сушать від 20 до 30 діб за температури 12 - 15°C. Для прискорення технологічного циклу використовують бактеріальні препарати.

Батони сирокопчених ковбас темно-коричневого кольору, переважно з білим нальотом (дрібні кристали солі і суха плісень). В асортименті сирокопчених ковбас: Московська, Сервелат, Святкова, Туристські ковбаски, Пікантна, Армавірська. Особливість салямів - їхня щільна структура, дрібнозернистий малюнок на розрізі, великий вміст жирного м'яса.

Варено-копчені ковбаси мають коротший технологічний цикл. Соління і дозрівання підготовленого м'яса триває 1-2 доби, первинне коптіння 1-2 години за температури 70-80°C. Підкопчені батони варять 45-50 хв за температури 70 - 75°C. Повторно коптять 24 години за температури 40- 45 °C, після чого сушать 3- 7 діб до стандартної вологості і набуття щільної консистенції. Варено-копчені ковбаси відрізняються від сирокопчених рівною оболонкою темно-коричневого кольору, світлішим фаршем і вищою вологістю.

Асортимент варено-копчених ковбас: Московська, Сервелат, Любительська, Запорізька.

Сиров'ялені ковбаси готують за схемою сирокочених, але їх в'ялять до 15 діб за температури 12°C. Вироби поступово підсушують, складники їх піддаються ферментативним перетворенням, утворюються нові сполуки, які поліпшують органолептичні властивості ковбас. Виробляють ковбаси вищого сорту Нижньодніпровську у виді прямих батонів і Суджук у формі пресованих кілець.

### Хімічний склад та харчова цінність ковбасних виробів

#### Харчова цінність ковбасних виробів

Найменування ковбас	Масова частка, %				Енергетична цінність 100 г, КДж
	вода	білки	жири	Мінеральні речовини	
Ковбаси варені	58 - 72	10 - 14	14 - 30	1,5 - 3,1	711 - 1322
Ковбаси напівкопчені	40 - 52	15 - 23	18 - 45	4,3 - 4,9	1084 - 1950
Ковбаси сирокоччені	25 - 30	21 - 28	42 - 48	6,0 - 6,6	1979 - 2151
Ковбаси варено-копчені	39 - 40	17 - 28	27 - 39	4,6 - 4,7	1506 - 1757
Сосиски	55 - 66	12 - 13	20 - 31	1,8 - 2,0	920 - 1356
Ліверні ковбаси і паштети	50-70	10-16	15-35	2-3	850-1676
Холодці	50 - 80	10 - 16	10 - 30	2,0 - 3,0	838 - 1676

### 4. Біохімічний склад та технологічні властивості м'ясних консервів

**М'ясні консерви**— це готові до вживання вироби з м'яса і м'ясопродуктів в герметично закупорених банках, що піддаються нагріванню. М'ясні консерви відрізняються високою харчовою цінністю, тривалим терміном зберігання, зручністю транспортування. Залежно від виду вмісту банок м'ясні консерви можуть зберігатися без істотної зміни якості до 3-5 років.

В консервах міститься (в %): води — 50-70, білків — 10-30, жирів — 8-30, мінеральних речовин — до 3,5.

**М'ясні консерви класифікують** за наступними ознаками.

За видом сировини: *м'ясні*(яловичі, свинячі, баранячі, з м'яса поросят, птиці), *субпродуктові* (з язиків, печінки, нирок), *з м'ясних продуктів* (сосисок, ковбасного фаршу), *м'ясорослинні* (з м'ясної сировини чи субпродуктів в сполученні з крупами, овочами, бобовими, макаронними виробами), *салобобові* (з свинячого топленого жиру чи шпику в сполученні з бобовими).

За режимом термічної обробки консерви розподіляються на *стерилізовані* (такі, що нагрівали при температурі вище 100°C) та *пастеризовані* (такі, що нагрівали при температурі нижче 100°C).

За видом споживчої упаковки: *в металевій тарі* (жерсть біла чи чорна з покриттям харчовими лаками та поливами, алюмінієві, зборні та цілоштамповані), *в скляній тарі*.

За призначенням: *закусочні* (делікатесні), *обідні* (для перших і других обідніх страв), *для дитячого харчування*, *дієтичні*.

Для виробництва м'ясних консервів використовують м'ясо всіх видів, жир, субпродукти, готові м'ясні вироби, кров, різні продукти рослинного походження, пряності. М'ясо використовують в остиглому, охолодженому або замороженому вигляді не нижче 1 категорії вгодованості для яловичини і баранини, м'ясної і обрізної категорії вгодованості – для свинини та підсвинків. Для консервів з м'яса птиці використовують тушки курей і качок 1 і 2 категорій вгодованості і тушки гусей 2 категорії. Не допускається м'ясо двічі заморожене, м'ясо бугаїв і кнурів.

Тару для консервів виготовляють із білої жерсті, скла, сплавів алюмінію і полімерних матеріалів.

Якість м'ясних консервів залежить від дотримання технологічних операцій виробництва: підготовки і обробки сировини, порціювання і фасування сировини, закатування банок, перевірки герметичності, стерилізації, сортування.

Для виробництва консервів м'ясні туші обвалюють, жилують. Тушки птиці опалюють для знищення залишків пуху і пера; видаляють голови і кінцівки, які використовують для приготування бульйону.

Залежно від виду м'ясних консервів сировину по-різному обробляють: м'ясо витримують у розсолі, бланширують або обжарюють, підготовлюють паштетну масу, вимочують і бланшують солені язики, піджарюють мозок, приготують м'ясні бульйони або інші заливки.

В ході *порціювання і фасування* сировини слід забезпечити нормальне її укладання, відповідну масу і співвідношення між складовими частинами.

Сировину закладають у банки згідно рецептури. Банки після заповнення зважують. Якщо банки переповнені продуктом, то готові консерви можуть роздуватися з одного або з двох кінців.

Банки *закатують* на вакуум-закаточних машинах, за допомогою яких видаляють повітря і герметично закупорюють. Закатані банки перевіряють на герметичність (занурюють в гарячу воду з температурою 80-90°C протягом 1-2 хвилини). Якщо з банки не виділяються бульби, то банка герметична. Видалення повітря з банок запобігає деформації тари при стерилізації, перешкоджає корозії металу і виключає окислювальні процеси в продукті. Добра герметичність гарантує тривале зберігання високоякісних виробів.

Герметичні банки *стерилізують*. Стерилізація є найбільш відповідальною операцією, яка повинна гарантувати стійкість до зберігання і доброякісність. Ці дві вимоги не завжди поєднуються між собою, оскільки стійкість консервів забезпечується тривалою стерилізацією їх при високій температурі, що може призвести до суттєвих змін харчових речовин продукту. Для кожного виду консервів існує своє оптимальне співвідношення між температурою і тривалістю нагрівання, коли поєднуються повнота стерилізації і мінімальні зміни продукту. Стерилізацію здійснюють при температурах 113 і 120°C.

Під час стерилізації гинуть вегетативна мікрофлора та спори бактерій, але також відбуваються такі зміни: денатурація білків м'язової тканини; перехід колагену у желатин; перерозподіл складових частин м'яса між бульйоном і м'ясом, м'ясо втрачає

значну кількість екстрактивних речовин і жиру; гідроліз глікогену і накопичення глюкози; гідроліз і окислення жиру.

Після стерилізації переглядають кожну банку, відсортовуючи при цьому негерметичні, тобто банки з активним підтіканням, розривами і тріщинами, глибокими вм'ятинами.

При передаванні в реалізацію жерстяні і скляні банки маркують. Якщо маркування робиться шляхом рельєфного виштамповування, то воно здійснюється до закатування банки (рельєфна позначка має бути випуклою).

**Асортимент м'ясних консервів.** Асортимент м'ясних консервів різноманітний.

*Консерви з м'яса:* Найбільш поширені консерви з яловичини, свинини і баранини тушкованих: «Тушковане м'ясо» (свинина, яловичина, баранина, конина); Смажене м'ясо (яловичина, свинина, баранина); «М'ясо відварне у власному соці» (яловичина і свинина); «Гуляш» (яловичий, свинячий, баранячий) і інше. Такі консерви виготовляють з сирого, відварного або смаженого м'яса, а консерви «Смажене м'ясо» – з обсмаженої в кістковому жирі яловичини, укладеної в банки разом із смаженою цибулею, перцем і соусом.

З м'яса птиці виробляють консерви у власному соці (із сирого м'яса курей, качок, індиків 2 категорії), в желе («Філе», «Рагу куряче», «М'ясо курчат у желе»). Із м'яса кроликів випускають «М'ясо кроляче тушковане», «Кроляче рагу» та ін. Готують їх з сирого м'яса різної вгодованості із додаванням жиру, лаврового листа, перцю і солі.

Вміст м'яса і жиру в консервах близько 55%, солі – 1,5%. Консерви із м'яса призначені для приготування перших і других страв.

*Консерви із м'ясних продуктів* виробляють декількох видів: з ковбасного фаршу відповідних найменувань – «Любительського», «Окремого», «Сосискового», «Свинячого» і ін.; консерви із сосисок (в бульйоні, у свинячому жирі, в томатному соусі); із м'ясних копченостей (свиняча грудинка в солодкому або томатному соусі). До цієї групи відносять консерви із бекону і копченого шпика, нарізаних дрібними скибочками і пастеризованих при температурі 75°C, консерви із м'яса птиці у власному соку з гарнірами.

*Консерви із субпродуктів* високо ціняться. Паштети «Невський», «Особливий», «Львівський» і «Печінковий», «Язики в желе», «Мозок смажений» і «Печінка смажена», «Нирки в томатному соусі», печінка і серце у власному соку. Вживають ці консерви в холодному вигляді для сніданків і як закуски.

*Консерви із м'яса птиці:* філе і рагу куряче і гусяче в желе, качка у власному соку, гусак із капустою, із гречаною кашею або із рисом, курка відварна, курка у власному соці.

*Консерви м'ясорослинні* залежно від виду сировини, що використовується, підрозділяють на м'ясобобові, м'ясомакаронні і м'ясоовочеві. Ці консерви виготовляють із м'яса всіх видів або м'ясного фаршу з додаванням відповідних рослинних продуктів. Вони призначаються для перших і других блюд і готові до вживання після розігрівання.

*Консерви салобобові* виготовляють із квасолі, гороху і соєвих бобів із додаванням різних жирів, томатного соусу або бульйону, але без м'яса. В цих консервах до 40% рослинної сировини, до 40% томатної заливки або бульйону і жиру. Салобобові

консерви використовують після розігрівання для сніданку, вечері або як гарніри до м'ясних блюд.

Для дитячого і дієтичного харчування виробляють широкий асортимент м'ясних консервів: гомогенізовані – для дітей 6-місячного віку; пюреподібні – для дітей 7-9-місячного віку; великоподрібнені – для дітей у віці 9-12 міс. Основною сировиною при виробництві консервів для дитячого харчування служать телятина, яловичина, печінка, язики і м'ясо птиці. Для дітей 5-7-місячного віку виробляють консерви: «Малюк», «Казка», «Дитячі», «Здоров'я»; для дітей 7-9-місячного віку – «Пташеня», «Малишок»; для дітей 9-12-місячного віку – «Язичок», «Карапуз».

## ЛЕКЦІЯ 8

### Біохімічний склад яєць та меду

#### План

1. Будова та хімічний склад яєць.
2. Зміни яєць під час зберігання.
3. Фізико-хімічні зміни в яйці під час переробки.
4. Біохімічний склад меду.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль Т.В., Овчарук О.В. Біохімія тварин : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ПП Зволейко Д.Г., 2016. 440 с.
2. Бурлака В.А., Борщенко В.В., Кривий М.М. Біологія продуктивності сільськогосподарських тварин: Курс лекцій. Житомир: ЖДУ ім. І.Франка, 2012. 191 с.
3. Кононський О.І. Біохімія тварин. К.: Вища школа, 2006. 340 с.

**1. Будова яєць.** Пташине яйце складається з жовтка, білка, шкаралупи та оболонки (надшкаралупної, підшкаралупної, білкової і жовткової), на частку яких припадає відповідно 32%, 56% та 12% від ваги яйця. Це співвідношення змінюється залежно від виду птиці і ваги яйця. Якщо вага яєць збільшується, то кількість білка в абсолютних величинах та у відсотках зростає. Наприклад, при збільшенні ваги курячих яєць до 70 г, абсолютна вага білка зростає до 43,2 г (до 61,7% від загальної маси яйця), вага жовтка хоч і збільшується до 19,4г, але знижується до 27,7% від загальної ваги яйця.

*Шкаралупа* надає яйцям форми, захищає жовток і білок від впливу несприятливих зовнішніх умов. Товщина шкаралупи курячих яєць коливається в межах від 0,31 до 0,41мм. Шкаралупа найтовстіша на гострому кінці, а посередині і на тупому кінці тонша і майже однакова. Товщина шкаралупи залежить від виду птиці, умов утримання, годівлі, наявності в раціоні мінеральних речовин та вітамінів. Товщина шкаралупи надає великий вплив на транспортування та зберігання яєць.

Шкаралупа яйця має велику кількість пор – каналів, які відкриваються на поверхні яйця невеликими отворами неправильної форми. Пори розташовані в шкаралупі нерівномірно і кількість їх неоднакова – в різних яйцях вона коливається від 2000 до 13000. Найбільше пор на тупому (тоншому) і найменше гострому кінці яйця. Через пори випаровується вода і відбувається газообмін. Через них в середину яйця можуть проникати бактерії та плісняві грибки.

Після знесення яйце охолоджується, білок та жовток зменшується в об'ємі б, з яйця випаровується частина води, від чого білкова оболонка стає еластичною. Вона поступово відокремлюється в тупому кінці яйця від підшкаралупної оболонки і утворюється повітряна камера – *пуга*. Повітряна камера збільшується від випарування води з яйця, особливо при зберіганні його протягом тривалого часу в сухому місці.

Надшкаралупна оболонка (кутикула) – це тонкий безструктурний шар, що утворюється під час знесення яйця з слизу, яким змащується його поверхня. Кутикула закриває пори і тим самим запобігає надмірному випарюванню води з яйця та проникненню в нього мікроорганізмів і пліснявих грибків. При обмиванні шкаралупи кутикула легко стирається і якість яйця знижується. Свіже яйце, покрите кутикулою, має матову поверхню. При тривалому зберіганні кутикула руйнується і поверхня лежального яйця стає блискучою.

Пігментація шкаралупи залежить від наявності пігменту. Курячі яйця бувають білого або від світло-коричневого до коричневого кольору. Від забарвлення залежить товщина шкаралупи – кольорові яйця завжди мають товщу шкаралупу, ніж білі. Забарвлення яйця може змінюватися залежно від зовнішніх умов і від годівлі птиці.

Шкаралупа яйця пропускає ультрафіолетові та світлові промені, що дозволяє просвічувати яйця на овоскопі. Яйця з темною шкаралупою гірше просвічуються порівняно до яєць з білою.

*Білок* яйця закривається двома оболонками. Одна з них щільно прилягає до білка і називається білковою, друга щільно прилипає до шкаралупи і називається підшкаралупною. Білок яйця – прозора, майже безбарвна, з зеленкуватим відтінком, тягуча й дуже рухлива речовина. При збиванні білок здатний утворювати щільну міцну піну.

Навколо жовтка білок розташований шарами неоднакової щільності: перший – рідкий, знаходиться під білковою оболонкою (26-28% ваги всього білка); другий – густий (майже 50% усього білка); в середині шару густого білка розміщується внутрішній рідкий шар (11-12% білкової маси); четвертий густий шар прилягає до жовткової оболонки, з нього утворюються градинки – джгутики, якими білок кріпиться до шкаралупи (майже 10%).

Чим більше густого білка, тим яйце придатніше для споживання. При тривалому зберіганні яєць при низькій температурі або короткочасному зберіганні при високій температурі густий білок стає рідким, зникає шаруватість, характерна для свіжого яйця. Співвідношення між кількістю густого й рідкого білка є одним з показників якості яєць. Відношення висоти зовнішнього шару щільного білка до його середнього діаметра називається *індексом білка*. У свіжих яєць він коливається в межах 0,07-0,09. При тривалому або неправильному зберіганні яєць індекс білка знижується до 0,025-0,03, що свідчить про погіршення білка.

*Жовток* у свіжому яйці має кулеподібну форму, розташований посередині яйця і складається з концентричних різнокольорових шарів. Верхній шар жовтка світло-жовтий, під ним знаходиться товстіший шар – жовтий, посередині – світло-жовтий тонкий шар. Світлий жовток не такий густий, як темний, і при високій температурі не так швидко зсідається, що можна помітити у вареному яйці, коли його розрізати пополам.

Колір жовтка залежить від якості корму та утримання птиці. Жовток забарвлюється ксантофілом та каротином, якими багаті зелені корми. Літні яйця мають темно-жовтий жовток, зимні – світло-жовтий.

Жовток має оболонку, яка відіграє велику роль в осмотичних явищах – пропускає газу й рідину. У свіжому яйці жовткова оболонка еластична й пружна, тому при виливанні яйця зберігає кулеподібну форму жовтка. При тривалому зберіганні оболонка втрачає ці властивості і при виливанні яйця жовток розпливається, а інколи його оболонка розривається. Відношення висоти жовтка до його середнього діаметра називається *індексом жовтка*. У свіжих яєць він коливається в межах 0,40-0,45. При зберіганні яєць індекс жовтка знижується до 0,25 і далі оболонка розривається.

**Хімічний склад яєць.** До складу яйця входять усі речовини, які забезпечують ріст і розвиток зародка. Хімічний склад яєць коливається і залежить від виду, породи, віку, годівлі та часу коли було знесене яйце. У табл. 1 наведено хімічний склад вмісту яєць різних видів сільськогосподарської птиці.

### 1. Хімічний склад вмісту яєць різних видів сільськогосподарської птиці

Речовина	Вміст яйця, %			
	Курей	Індичок	Качок	Гусей
Вода	73,6	73,7	69,7	70,6
Сухі речовини	26,4	26,3	30,3	29,4
Органічні речовини:	25,6	25,5	29,3	28,4
білки	12,8	13,1	13,7	14,0
ліпіди	11,8	11,7	14,4	13,0
вуглеводи	1,0	0,7	1,2	1,2
Мінеральні речовини	0,8	0,8	1,0	1,2

Як видно з таблиці, основною складовою частиною вмісту яйця є вода. На другому місці за кількісним вмістом стоять органічні сполуки, головним чином білки та жири. У яйці також містяться вітаміни (В1, В2, В6, РР, А, D, Е, К та ін.), мінеральні речовини.

Харчова цінність яєць визначається високим вмістом у них повноцінних і легкозасвоюваних білків. Яйця містять усі незамінні амінокислоти, причому співвідношення останніх у яйці приблизно таке саме, як і в самому організмі (табл. 2).

### 2 Вміст незамінних амінокислот у яйці

Амінокислота	Вміст, %
Валін	7,3
Лейцин	9,2
Ізолейцин	8,0
Фенілаланін	6,3
Триптофан	1,5
Треонін	4,9
Метіонін	4,1
Лізін	7,2

Хімічний склад білка і жовтка, а також їх похідних має великі відмінності. Тому розрізняються і технологічні властивості яйцепродуктів, одержаних після розділення складових частин яйця.

**Склад яєчного білка.** Яєчний білок добре розчиняється у воді, утворюючи в'язкі колоїдні розчини. Як сам білок, так і його водний розчин під час збивання з повітрям утворюють стійку і міцну піну.

Хімічний склад білка курячого яйця представлений у табл. 3.

**3.Хімічний склад білка курячого яйця**

Речовина	Вміст, %
Вода	87,9
Білки	11,4
Ліпіди	0,003
Вуглеводи	0,9
Екстрактні речовини	0,35
Мінеральні речовини	0,6

У білку мало вітамінів, в основному вітаміни групи В. Білок курячого яйця складається з таких білків, %:

- яєчний альбумін (овоальбумін) — 75;
- кональбумін — 3;
- яєчний глобулін (овоглобулін) — 2;
- яєчний мукоїд (овомукоїд) — 13;
- яєчний муцин (овомуцин) — 7.

Ряд білків може бути розділений електрофоретично на декілька фракцій. Так, овоальбумін можна розділити на три фракції, на три компоненти розділяється і овоглобулін, а всього в курячому білку їх виявлено більше ніж 10. Овоальбумін і овоглобулін — прості білки; кональбумін, овомуцин і овомукоїд — глікопротеїди; лізоцим — має антибактеріальні властивості, при змішанні білку з жовтком ці властивості втрачаються.

В невеликих кількостях у білку утримується глікопротеїд – авідін. Характерною особливістю його є властивість пов'язувати біотин (вітамін Н), який при цьому стає біологічно недоступним. Надмірне споживання сирих яєчних білків небажано, оскільки при цьому в організмі утворюється авідінбіотиновий комплекс, в результаті чого активність біотину втрачається. А нестача біотину спричиняє утворення дерматитів та випадіння волосся.

Яєчний білок має низький вміст ферментів. У невеликій кількості білок яйця містить пігмент овофлавін оранжево-жовтого кольору, що надає жовто-зелену флуоресценцію.

З мінеральних речовин в найбільших кількостях у білку яйця виявлено калій, натрій (і їх хлориди), фосфор, сірку, хлор, кальцій, магній; дуже мало заліза. Наявна і велика кількість мікроелементів — молібден, нікель, кобальт, хром, мідь, марганець та ін.

Значення рН яєчного білка коливається в межах 7,2–7,6.

**Склад яєчного жовтка.** Жовток є нерозчинною у воді масою жовтого кольору. Це емульсія ліпідів і ліпопротеїдів у воді.

Хімічний склад жовтка курячого яйця наведено в табл. 4.



#### 4. Хімічний склад жовтка курячого яйця

Речовина	Вміст, %
Вода	50,8
Білки	16,2
Ліпіди	32,6
Вуглеводи	0,2
Мінеральні речовини	1,1

Значну частину сухої речовини жовтка становлять ліпіди: у жовтку їх удвічі більше, ніж білків. Із загальної кількості ліпідів 66% — жири; близько 34% усіх жирних кислот яйця насичені і 66% — ненасичені. Вони входять до складу тригліцеридів, а також містяться в яйці у вільному стані. Ліпоїди, що входять до складу жовтка, представлені фосфатидами (до 33%), стеринами (до 5,2%), цереброзидами, сфінгомієлінами. Особливо багато в жовтку лецитину, кефаліну і холестерину. При цьому на частку лецитину, що входить до складу фосфоліпідів, припадає 69%, що й зумовлює високу здатність жовтків до емульгування.

У жовтку є такі білки: ліповітелін (близько 67% кількості білків), ліветин (близько 24%), фосфовітин. Ці білки не є однорідними і можуть бути розділені на фракції.

*Ліповітелін* — це комплекс білка з ліпідами. Молекула цього білка містить близько 17% ліпідів, в основному фосфоліпідів. Білкова частина ліповітеліну — складний білок фосфопротейд. Близько 1/3 фосфору, що міститься в жовтку, входить до складу ліповітеліну.

*Ліветин*, на відміну від ліповітеліну, містить мало фосфору, але багато сірки (приблизно 1/3 всієї сірки жовтка).

*Фосфовітин* — надто незвичайний білок: близько половини його амінокислотних залишків є фосфорильований серин. У ньому міститься 10% фосфору і майже немає сірки.

Жовток яйця багатий на вітаміни. У ньому містяться вітаміни А, D, E, K, групи B. Ферменти в жовтку наявні в більших кількостях, ніж у білку. Жовток відрізняється від білка значно більшим вмістом фосфору, якого в ньому в 30 разів більше, ніж у білку — 0,6% загальної маси жовтка.

Забарвлення жовтка залежить від наявності двох пігментів — ксантофілу і каротину. Інтенсивність забарвлення його залежить від вмісту цих пігментів у кормі.

Жовток яйця має рН 5,8.

**Склад шкаралупи.** Шкаралупа яєць складається в основному з мінеральних речовин, на частку яких припадає 94–97%. Органічних речовин у шкаралупі 3–6%.

Основна мінеральна речовина шкаралупи — *карбонат кальцію* (близько 93% маси шкаралупи); у відносно невеликій кількості містяться азотисті речовини (близько 3,3%), карбонат магнію (близько 1,6%), фосфатні солі лужноземельних металів (0,45–1,4%) і вода (1,5–1,6%). Органічна частина шкаралупи майже повністю складається з білків, близьких до кератину та колагену.

Оптимальне співвідношення в шкаралупі кальцію і магнію робить її привабливою сировиною для виробництва мінеральних кормів для птиці. Відомі праці зарубіжних і вітчизняних дослідників із застосування технологічно обробленої шкаралупи (з

дотриманням оптимальних співвідношень кальцію, фосфору і магнію) як харчової добавки для виробництва спеціальних продуктів харчування.

Колір шкаралупи залежить від наявності в її складі пігменту овопорфірину.

## **2. Зміни яєць під час зберігання**

У процесі зберігання яєць відбуваються різні зміни:

- автолітичні;
- мікробіальне псування;
- окислювальне псування;
- усихання.

*Автолітичним* змінам піддаються всі основні фракції яйця: вуглеводна, білкова та ліпідна. В умовах низьких позитивних температур автолітичні зміни в яйці можуть бути досить значними. Загальний напрям автолітичних змін у яйці в своїй основі схожий з автолізом тваринних тканин: це ферментативний розпад складних систем на простіші та розпад високомолекулярних сполук на низькомолекулярні.

Біохімічні зміни, що відбуваються в яйці в період зберігання, тісно пов'язані з втратою вологи, внаслідок чого відбувається перерозподіл води між жовтком і білком і розрідження щільної фракції білка. У міру старіння яєць оболонка жовтка стає більш проникною і вода білка через різницю осмотичного тиску між білком і жовтком переходить у жовток, забираючи з собою деяку кількість мінеральних солей. В результаті переміщення води і солей з білка в жовток значно змінюються їх фізико-хімічні властивості як колоїдних систем. Відбувається збільшення об'єму жовтка, розширення і стоншення жовткової оболонки, внаслідок чого вона втрачає еластичність.

Білок свіжознесеного яйця має нейтральну реакцію, але під впливом різних чинників швидко змінюється. Вже в перший тиждень зберігання в звичайних умовах реакція середовища яйця стає слабколужною, потім лужною.

Внаслідок гідролітичного розпаду білків у яйці збільшується вміст вільних амінокислот і інших низькомолекулярних азотовмісних сполук. Спостерігається повільне поступове розрідження білка. Дуже швидко розпадаються фосфопротеїди і фосфатиди до простіших сполук фосфору. Вже через 8 місяців за температури близько 10°C їх вміст у білку в десятки разів більший за початковий.

Жир, що міститься в яйці, хоч і поволі, гідролізується протягом усього часу зберігання яйця. Невелике збільшення кислотного числа жиру спостерігається вже до кінця третього місяця зберігання.

З часом у яйці зменшується вміст деяких вітамінів: значно зменшується вміст вітаміну B<sub>6</sub>, особливо нестійким є вітамін A.

Автолітичні процеси посилюються з підвищенням температури. Цілісне яйце порівняно стійке до дії на нього мікробів, тому його можна зберігати тривалий час за невеликих позитивних температур. Під час тривалого зберігання яєць або при зберіганні їх у несприятливих умовах розвиваються гнильні процеси під дією *мікроорганізмів*, що проникли крізь пори яйця. В яйці під дією ферментів гнильних мікроорганізмів утворюються сірководень, аміак, низькомолекулярні кислоти, метан, скатол, індол та ін.

На властивості яєць під час їх зберігання істотно впливає волого- і газообмін із зовнішнім середовищем. Спостерігається *усихання*, яке залежить від тривалості зберігання яєць, температури та вологості навколишнього середовища, кількості пор на шкаралупі. Проникність шкаралупи яєць для повітря однакова як зсередини, так і зовні, вода ж всмоктується всередину яйця майже в два рази повільніше, ніж випаровується. Під час *усихання* збільшується повітряна камера (пуга), підвищується концентрація розчинів солей, внаслідок чого погіршується якість яєць.

Величина *усихання* яєць за температури зберігання  $1^{\circ}\text{C}$  за 8 місяців змінюється з 0,8 до 4%. Зі зниженням температури зберігання до  $-1$ – $-2,5^{\circ}\text{C}$  *усихання* скорочується на 25–30%.

Під час зберігання зменшується маса яєць і збільшується сухий залишок. Щільність свіжого курячого яйця коливається в межах 1,078–1,096. Через 3 місяці зберігання в холодильнику щільність яйця змінюється до 1,059, через 5 місяців — до 1,049, через 8 місяців — до 1,036. Щільність, що дорівнює 1,015, вказує на повне розкладання яйця.

Взаємодія вмісту яйця з киснем повітря супроводжується погіршенням його органолептичних характеристик. Смак і аромат яйця з розвитком цих процесів набувають характерного відтінку («лежачого»), спочатку в жовтку, а потім і в білку.

Незапліднені яйця, а також яйця весняної та осінньої кладки зберігаються довше. Забруднені і миті яйця зовсім непридатні до зберігання, що пов'язано з будовою яєчної шкаралупи.

Звести до мінімуму втрати вологи при зберіганні і зберегти яйця від небажаних змін можна, знизивши температуру до мінус  $3^{\circ}\text{C}$ .

Для тривалого зберігання яєць необхідно призупинити діяльність мікроорганізмів і розвиток автолітичних процесів за допомогою зниження температур. Крім того, необхідно запобігти проникненню мікробів у яйце через пори шкаралупи, захистити від волого- і газообміну. Для цього під час зберігання яєць застосовують покриття їх штучними оболонками, а також короткочасне теплове оброблення. При цьому властивості яєць не змінюються, але тонка плівка білка під шкаралупою коагулює і закупорює шкаралупу зсередини. Збагачення атмосфери на вуглекислий газ поліпшує холодильне зберігання яєць.

### ***3. Зміни яєць під час їх переробки***

Продуктами переробки яєць є охолоджені (яєчна маса, жовток, білок), сухі (яєчний порошок, жовток, білок) і морожені (меланж, жовток, білок) яєчні продукти. Вони відзначаються високою харчовою цінністю і дуже зручні для тривалого зберігання і транспортування.

Під дією низьких температур сповільнюються мікробіальні та ферментативні процеси, завдяки чому заморожені яєчні продукти можна зберігати до 15 місяців.

*Яєчний меланж* — це заморожена суміш білка та жовтка. Під час заморожування меланжу за температур нижче  $-18^{\circ}\text{C}$  збільшується випадіння нерозчинного осаду. Це спричинює погіршення зворотності процесів під час розморожування і, отже, зниження якості продукту. Яєчний жовток, що входить до складу меланжу, за таких температур зазнає незворотних фізико-хімічних змін, грудочки, що утворюються в меланжі, згодом погано розчиняються у воді. Під час заморожування з лецитино-протеїнового

комплексу втрачається значна кількість води, і при подальшому розтаненні вона не реабсорбується, внаслідок чого консистенція меланжу не відновлюється. У процесі заморожування і зберігання меланжу втрачається розчинність ліповітеліну. У результаті зберігання меланжу за температур нижчих ніж  $-6^{\circ}\text{C}$  погіршується зворотність процесів після розморожування.

Істотне значення для зворотності процесу має швидкість заморожування. При повільному заморожуванні вода утворює великі кристалики льоду, що порушує колоїдну структуру продукту. При швидкому заморожуванні досягається якнайкраще відновлення властивостей меланжу після розморожування, збільшуються терміни зберігання.

Велике значення для збереження властивостей меланжу мають умови розморожування. Оптимальною можна вважати температуру  $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$ . При цьому виключається коагуляція білків (окремі білки починають коагулювати за температури близько  $48\text{--}50^{\circ}\text{C}$ ).

При додаванні до меланжу цукру або нейтральних солей (хлористого натрію, лимоннокислого натрію або оцтовокислого натрію) підвищується осмотичний тиск і знижується точка замерзання розчинів, поліпшується зворотність при розморожуванні, що дозволяє зберігати його при позитивних температурах. Меланж повинен містити не більше ніж 75% води, не менше ніж 10% жиру і 10% білків. Величина рН середовища не повинна перевищувати 7,0.

*Яєчний порошок* одержують висушуванням яєчної маси. Під час висушування необхідно зберегти фізико-хімічні властивості продукту, особливо його розчинність. Тому процес сушіння ведуть за температури (не вищій ніж  $60^{\circ}\text{C}$ ), яка не викликає помітної денатурації білка і, отже, зниження його розчинності. Денатурація білків у процесі сушіння залежить і від реакції середовища (найменша при рН 7,0). Складові частини яйця частково окислюються, а деякі легколетючі сполуки виділяються з водяною парою. Більшість вітамінів яйця в процесі сушіння майже не руйнуються, але деякі з них, особливо ті, що легко окислюються (А, D і  $\text{B}_1$ ), частково втрачаються. Розчинність сухого білка після сушки повинна бути не меншою ніж 85%. Сухий яєчний порошок має містити не більше ніж 8,5% води, білка не менше ніж 45% і 35% жиру.

Зміни при сушінні яєць менш значні, ніж за подальшого зберігання яєчного порошку. Це пояснюється головним чином тим, що складові частини яйцепродуктів окислюються киснем повітря (40–60% об'єму порошку займає повітря). Під час тривалого зберігання яєчного порошку з'являються ознаки окислювального псування ліпідів. Окислювальні процеси різко прискорюються з підвищенням температури і на світлі. Відбувається згіркнення ліпідів, а іноді з'являється і рибний присмак. Цей дефект спричинений розщеплюванням лецитину, холін, що виділяється при цьому, перетворюється на окисел триметиламіну, який і надає рибного смаку і запаху. Посилення окислювальних процесів під час зберігання сухих яйцепродуктів призводить до втрат деяких вітамінів (А, D,  $\text{B}_1$ ).

#### **4. Хімічний склад меду**

Бджолиний мед – це складний природний продукт, у якому виявлено більше 400 різних компонентів. Слід зазначити, що хімічний склад меду непостійний і залежить від виду медоносних рослин, з яких зібраний нектар; ґрунту, на якому вони

вирастають; погодних і кліматичних умов; часу, що пройшов від збору нектару до відкачування меду із стільників; термінів зберігання меду. Однак основні групи речовин у складі меду постійні.

**Вуглеводи.** Це основні речовини, що входять до складу меду (95-99 % сухої речовини). Вміст окремих вуглеводів у меду коливається в досить широких межах. Він залежить від ботанічного походження меду, умов збору і переробки нектару (паді) бджолами.

Вуглеводи меду представлені в основному моносахаридами – глюкозою і фруктозою. На їхню долю припадає близько 90 % усіх цукрів меду.

Властивості цих моносахаридів визначають основні якості меду: його солодкий смак, поживну цінність, здатність до кристалізації, гігроскопічність і т. ін. Глюкоза негігроскопічна, легко кристалізується і мало солодка. Фруктоза дуже гігроскопічна, майже не кристалізується, у 2 рази солодша за глюкозу. У закристалізованому меду фруктоза оточує кристали глюкози, сахарози й інших цукрів, що добре кристалізуються. Відношення фруктози до глюкози (Ф/Г) у більшості випадків близьке до 1. Чим вищий цей показник, тим менше мед схильний до кристалізації. Глюкоза і фруктоза засвоюються організмом людини і бджіл без розщеплення.

З дисахаридів у меду зустрічаються найчастіше сахароза і мальтоза. У зрілому квітковому меду міститься до 5 % сахарози, у падьовому – до 10, у незапечатанному – 10-15 % (доказ незрілості чи фальсифікації цукром).

Вміст мальтози в різних медах становить в середньому 4-6 % від загальної кількості вуглеводів. Мальтоза утворюється в процесі дозрівання меду. Її кількість залежить від ботанічного походження меду. Так, для липового меду характерний високий вміст мальтози (5-8 %), для білоакацієвого – середній (2,5-7,5 %), для соняшникового – низький (0,8— 2,9 %).

**Азотисті речовини.** Представлені в основному білковими і небілковими сполуками. Вони надходять у мед із квітковим пилом і секретом залоз бджіл. Білкових сполук у квіткових медах знайдено від 0,08 до 0,4 %, тільки у вересовому і гречаному медах їхній вміст доходить до 1 %, а в падьовому – від

1 до 2 %. Основну частину їх складають ферменти – амілаза, інвертаза, каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза, глюкозооксидаза, фосфоліпаза, інулаза, глікогеназа й ін. Ферменти виступають як біологічні каталізатори, що прискорюють численні реакції розпаду і синтезу. Наприклад, інвертаза інвертує сахарозу, діастаза бере участь у гідролізі крохмалю, глюкозооксидаза каталізує реакцію окислення глюкози і т.д.

Найбільш вивчений фермент меду – діастаза, активність якої виражають в одиницях Готе (на прізвище дослідника, що розробив один з перших методів визначення активності цього ферменту в меду). Діастазне число коливається в широких межах – від 0 до 50 од. Готе. Вміст діастази в меду залежить від його ботанічного походження, ґрунтових і кліматичних умов зростання медоносів, стану погоди під час збору нектару і переробки його бджолами, інтенсивності медозбору, ступеню зрілості меду, термінів його зберігання, способів переробки. Падьові меди перевершують квіткові за цим показником. Білоакацієвий, шавлієвий і деякі інші меди характеризуються низькою діастазною активністю (від 0 до 10 од. Готе), гречаний, вересовий – високою (від 20 до 50 од. Готе).

Низька діастазна активність – свідчення перегріву меду при його рекристалізації (коли руйнуються ферменти й інші біологічно активні речовини) або ж довготривалості його зберігання (при зберіганні меду більше 1 року активність діастази знижується на 30- 35 %).

Небілкові азотисті сполуки меду представлені в основному амінокислотами в невеликій кількості – від 0,6 до 500 мг на 100 г меду. Вміст і спектр їхньої дії залежать від ботанічного походження меду, умов медозбору і переробки нектару (паді) бджолами. В усіх медах знаходять аланін, аргінін, аспарагінову і глутамінову кислоти, лейцин, лізин, фенілаланін, тирозин, треонін; лише в деяких – метіонін, триптофан, пролін і ін.

Амінокислоти мають здатність вступати в реакцію з цукрами меду, утворюючи темнозабарвлені сполуки — меланоїдини. Утворення цих сполук йде набагато швидше при високій температурі. Отже, потемніння меду при тривалому зберіганні чи нагріванні може відбуватись, поряд з іншими причинами, і в результаті наявності в ньому амінокислот.

До азотовмісних речовин, виявлених у меду, відносять також алкалоїди. Вони зустрічаються в різних частинах рослин, у тому числі й у нектарі квіток, наприклад тютюну, рододендрону й ін. Алкалоїди дуже отрутні. Певні алкалоїди у малих дозах виявляють лікарську дію. Можливо, деякі лікувальні властивості меду пояснюються саме вмістом у ньому алкалоїдів.

**Кислоти.** В усіх медах міститься близько 0,3 % органічних і 0,03 % неорганічних кислот. Вони знаходяться як у вільному стані, так і в складі солей і ефірів. Вважають, що велика частина органічних кислот представлена глюконою, яблучною, лимонною і молочною. З інших органічних кислот у меду знаходять винну, щавлеву, янтарну, лінолеву, ліноленову й ін. Серед неорганічних виявлені фосфорна і соляна кислоти.

Кислоти потрапляють у мед з нектаром, паддю, пилковими зернами, виділеннями залоз бджіл, а також синтезуються в процесі ферментативного розкладання й окислення цукрів. Органічні кислоти надають меду приємного кислуватого смаку. Присутність у меду вільних кислот визначають за концентрацією водневих іонів ( $H^+$ ) – показником активної кислотності (рН). Для квіткових медів значення рН коливаються від 3,5 до 4,1. Виняток складає липовий мед, рН якого може бути в межах від 4,5 до 7. Падьові меди мають нижчу активну кислотність (від 3,9 до 5,2), ніж квіткові.

Вміст усіх кислот у меду характеризують показником загальної кислотності, який виражають кількістю їдкого натру, витраченого на титрування 100 г меду. Значення загальної кислотності медів варіює від 0,23 до 6,16 мл NaOH. Межі коливань загальної кислотності падьових медів становлять 0,82-6,09 мл при середньому значенні 3,15 мл. На показники загальної кислотності меду впливають вид рослини, умови її зростання, умови медозбору і переробки нектару (паді) бджолами.

Від наявності кислот залежать смак і аромат меду, його бактерицидні властивості.

**Мінеральні речовини.** Мед як природний продукт за кількості зольних елементів не має собі рівних. У ньому виявлено близько 40 макро- і мікроелементів, однак набір їх у різних медах різний. У меду містяться калій, фосфор, кальцій, хлор, сірка, магній, мідь, марганець, йод, цинк, алюміній, кобальт, нікель і ін. Деякі мікроелементи знаходяться в меду в такій самій концентрації і такому ж співвідношенні один з одним, як і в крові людини (табл. 5).

### 5.Мінеральний склад сироватки крові людини і меду, %

Елемент	Кров людини	Бджолиний мед
Магній	0,018	0,018
Сірка	0,004	0,001
Фосфор	0,005	0,019
Залізо	сліди	0,007
Кальцій	0,011	0,004
Хлор	0,360	0,029
Калій	0,030	0,386
Йод	сліди	сліди
Натрій	0,320	0,001

Подібність мінерального складу крові і меду обумовлює швидке засвоєння меду, його незвичайні харчові, дієтичні і лікувальні властивості.

Багато мінеральних речовин, особливо мікроелементи, відіграють важливу роль у забезпеченні діяльності життєво важливих органів і систем, у нормальному протіканні процесів обміну речовин. Вони сприяють побудові опорних тканин кістяка (кальцій, фосфор, магній) і підтримці оптимального осмотичного тиску в клітинах у процесі обміну речовин (натрій, калій), утворенню специфічних травних соків (хлор), гормонів (йод, цинк, мідь), виконують функцію переносу кисню (залізо, мідь), входять до складу життєво важливих ферментів і вітамінів, без яких перетворення харчових речовин, що надходять в організм, неможливе (кобальт).

Кількість і склад мінеральних речовин у меду залежать від вмісту їх у нектарі, тобто від ботанічного походження меду. Так, у медів світлих (з білої акації, буркуну, малини) зольність нижча в порівнянні з темними видами меду (з вересу, гречки). Якщо зольність світлих медів складає 0,07—0,09 % сухої речовини меду, то зольність гречаного меду — 0,17, вересового — 0,46 %. Серед медів світлих виділяється високою зольністю липовий (0,36 %). Високим вмістом зольних речовин характеризується і падьовий мед (до 1,6 %).

**Барвники меду.** У невеликій кількості мед містить барвні речовини, склад яких залежить в основному від ботанічного походження меду і місця зростання медоносних рослин. Барвні речовини представлені каротином, хлорофілом, ксантофілом. Вони надають світлим медам жовтого чи зеленуватого відтінку. Велика частина барвних речовин темних медів — антоціани й таніни. На колір меду впливають також меланоїдини, що накопичуються при тривалому зберіганні та нагріванні меду і надають меду темно-коричневого забарвлення.

**Ароматичні речовини.** На даний час у меду визначено близько 200 ароматичних речовин. Ці речовини представлені головним чином спиртами, альдегідами, кетонами, кислотами й ефірами спиртів з органічними кислотами. Існують дані про участь у

формуванні аромату простих цукрів, глюконової кислоти, проліну й оксиметилфурфуролу.

Ароматичні речовини меду надають йому специфічного приємного аромату, який залежить від виду медоноса. Деякі меди, наприклад тютюновий, із золотарнику, мають неприємний запах, а у знітового, білоакацієвого він виражений дуже слабо. З часом, особливо при нагріванні меду чи при зберіганні його в приміщенні з високою температурою, ароматичні речовини випаровуються, при цьому аромат меду слабшає або замінюється неприємним запахом.

**Вітаміни.** Мед містить вітаміни у невеликих кількостях (табл. 6), проте вони мають величезне значення, тому що знаходяться в сприятливому співвідношенні з іншими дуже важливими для організму речовинами. Джерела вітамінів у меду – нектар та квітковий пилок.

### 5. Вміст вітамінів у меду

Вітамін	Вміст в 100 г меду, мкг
B <sub>1</sub> (тіамін)	4-6
B <sub>2</sub> (рібофлавін)	20-60
B <sub>3</sub> (пантотенова к-та)	20-110
B <sub>6</sub> (піридоксин)	8-320
PP (ніацин)	110-360
H (біотин)	380
E (токоферол)	1 000
C (аскорбінова к-та)	30 000

Вказану кількість вітамінів у меду варто вважати орієнтовною, тому що вона не постійна і залежить в основному від наявності в ньому квіткового пилку.

У меду містяться в основному водорозчинні вітаміни. Вони довго зберігаються, тому що мед має кисле середовище.

**Вода.** Зрілий мед містить від 16 до 21 % води. Вологість меду залежить від його зрілості, умов зберігання, часу збору нектару, погодних умов у сезон медозбору, співвідношення цукрів, виду тари. У меду з підвищеною вологістю створюються сприятливі умови для шумування, що спричиняє псування меду. Тому вологість меду — один з головних показників його якості.

**Квітковий пилок.** Квітковий мед завжди містить невидимий простим оком квітковий пилок, що потрапляє в нектар в результаті опадання частини пилку з пильників квітки при русі бджоли, а також внаслідок випадання обніжжя з деяких стільників у мед при його відкачуванні.

Видовий та кількісний склад пилку, що знаходиться в меду, залежить від видового співвідношення медоносних рослин, будови квітки, розміру пилкових зерен, породи бджіл, індивідуальних особливостей бджолосім'ї. В 1 г меду міститься в середньому близько 3 тис. пилкових зерен, звичайно 20-90 видів. Вміст пилку в меду незначний, але він збагачує мед вітамінами, білками, мінеральними речовинами. Встановлено, що в кожному меду міститься не один вид пилку, а декілька. При цьому мед вважається монофлорним — каштановим, еспарцетовим чи соняшниковим, якщо пилок однієї з цих



рослин складає не менше 45 % загального вмісту; гречаним, конюшиновим, липовим, ріпаковим, люцерновим – якщо не менше 30 %.

**Мікрофлора.** В меду мікрофлора представлена приблизно 40 видами грибів і осмофільних дріжджів. Вони потрапляють в мед з нектаром, з повітря й іншими шляхами. Кількість їх не нормується. У 1 г меду міститься в більшості випадків в середньому близько 1 тис. таких організмів, а в окремих медах – від 10 тис. до 1 млн. клітин дріжджів і від 30 до 3 тис. клітин цвільових грибів. У поверхневому шарі меду (до 5 см) знаходяться і бактерії. Їхній набір, чисельність залежать від ботанічного походження меду й умов його зберігання. Звичайно в 1 г меду їх може бути від кількох десятків до 80–90 млн.

